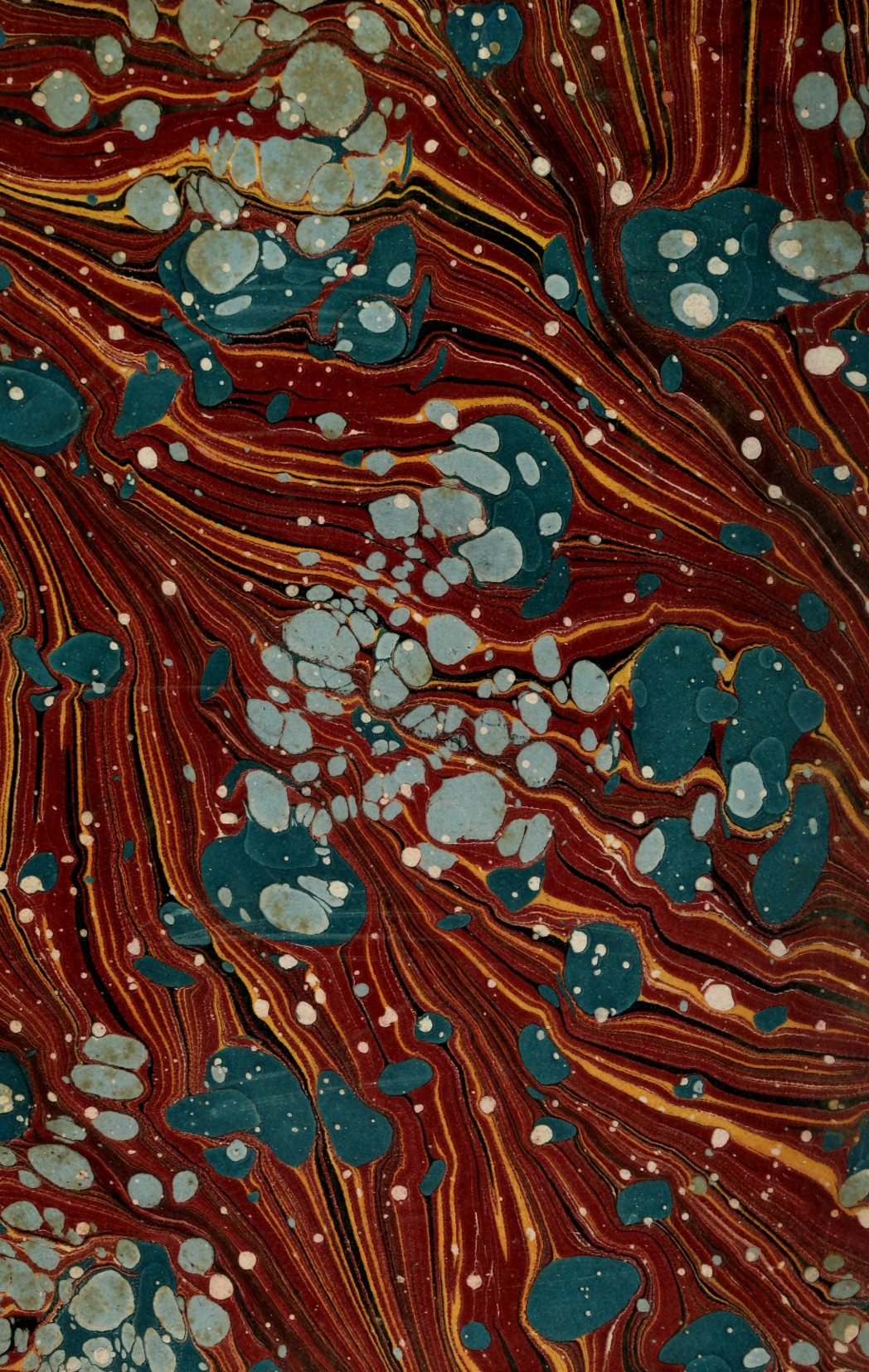
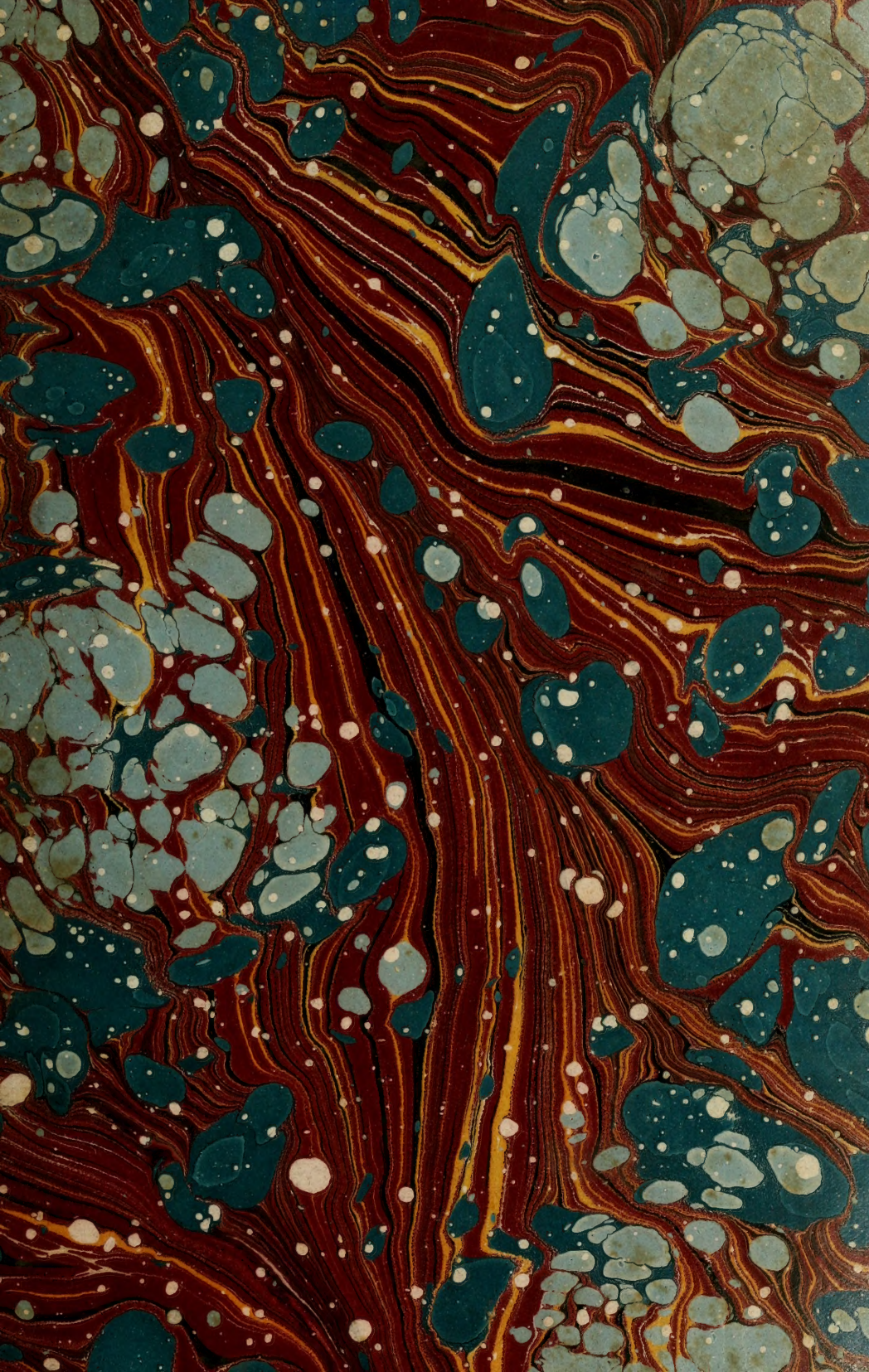




Archiv

für

Mikroskopische Anatomie

herausgegeben

von

Max Schultze,

Professor der Anatomie und Director des Anatomischen Instituts in Bonn.

Neunter Band.

Mit 32 Tafeln und 3 Holzschnitten.

Bonn,

Verlag von Max Cohen & Sohn.

1873.

Inhalt.

Seite

Die Zähne einheimischer Schlangen nach Bau und Entwicklung. Von Dr. F. Leydig in Tübingen. Hierzu Taf. I. 1

Ueber das Verhältniss von Nerve und Muskel. Von P. Tergast, cand. med. in Göttingen. Hierzu Taf. II. 36

Ueber Noctiluca miliaris Sur. Von Prof. L. Cienkowski. Hierzu Taf. III. IV und V. 47

Die lymphoiden Drüsen auf der Oberfläche des Störherzens. Von Dr. Richard Hertwig. Hierzu Taf. VI. 62

Ueber die Entwicklung und den Bau des elastischen Gewebes im Netzknorpel. Von Dr. Oscar Hertwig. Hierzu Taf. VII. . . . 80

Die Untersuchungsmethode des Centralnerven-Systems des Menschen. Von Prof. W. Betz in Kieff. Mit 2 Holzschnitten. . . . 101

Nachträgliche Bemerkungen zur Kenntniss der Vibrioniden. Von Oscar Grimm in St. Petersburg. 118

Eine Einbettungsmethode. Von Dr. W. Flemming, Prosector in Prag. 121

Die Mikroskope von R. Winkel in Göttingen. Von Fr. Merkel. . . 126

Ueber den propulsatorischen Apparat der Insecten. Von Dr. V. Graber, Privatdocent an der Universität zu Graz. Hierzu Taf. VIII—X. . 129

Ueber die Nervenendigung an den Tasthaaren der Säugethiere, sowie über die feinere Structur derselben. Von Dr. Jos. Schöbl in Prag. Hierzu Taf. XI und XII. 197

Ueber die Nerven der Hornhaut. Von Prof. H. Hoyer in Warschau. Hierzu Taf. XIII. 220

Notiz über die Ranvier'schen Sehnenkörper. Von Dr. A. Gruenhagen in Königsberg i. Pr. Hierzu Taf. XIV. 282

Zur Frage über die Iris-Musculatur. Von Dr. A. Gruenhagen in Königsberg i. Pr. 286

Der quergestreifte Muskel. Von Prof. Dr. Fr. Merkel in Rostock. II. Der Contractionsvorgang im polarisirten Licht. Hierzu Taf. XV. 293

Studien in der Anatomie des Nervensystemes. Von Prof. Axel Key und Dr. Gustav Retzius in Stockholm. Hierzu Taf. XVI, XVII und XVIII. 308

Das Verhältniss von Drüsennerven zu Drüsenzellen. Von C. Kupffer. 387

Kurze Mittheilungen aus der Entwicklungsgeschichte der Unke. Von Dr. Alexander Goette. 396

Seite

Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung. Von Dr. E. Abbe, ao. Professor in Jena.
I. Die Construction von Mikroskopen auf Grund der Theorie. 413
II. Die dioptrischen Bedingungen der Leistung des Mikroskops. 418
III. Die physikalischen Bedingungen für die Abbildung feiner Structuren 440
IV. Das optische Vermögen des Mikroskops. 456

Ueber einen neuen Beleuchtungsapparat am Mikroskop. Von Dr. E. Abbe, ao. Professor in Jena. Hierzu ein Holzschnitt. 469

Untersuchungen über die Endigung der Nerven in den quergestreiften Muskelfasern. Von Dr. Rudolf Arndt, Privatdocenten in Greifswald. Hierzu Taf. XIX, XX und XXI. 481

Untersuchungen über den Kamm des Vogelauges. (Aus dem Laboratorium Prof. Langer's in Wien.) Von Dr. V. Mihalkovics aus Pest. 591

Ueber die Kopfdrüsen einheimischer Ophidier. Von Dr. F. Leydig in Tübingen. Hierzu Taf. XXII und XXIII. 598

Ueber die Drüsen des Nierenbeckens. Von Th. Egli, Assistent am patholog. Institut in Zürich. Hierzu Taf. XXIV. 653

Einiges über Infusorien. Von O. Bütschli. Hierzu Taf. XXV und XXVI. 657

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere. Von Dr. Alexander Götte. Hierzu Taf. XXVII. 679

Ein Beitrag zur Auswanderung der Blutkörperchen aus den Gefässen des Frosches. Von Fritz Schmuziger, stud. med. Hierzu Taf. XXVIII. 709

Ueber die quergestreifte Muskelfibrille. Von G. R. Wagener in Marburg. Hierzu Taf. XXIX A. 712

Ueber die hintere Begrenzungsschichte der menschlichen Iris. Von Prof. Dr. A. Gruenhagen in Königsberg in Pr. Hierzu Taf. XXIX B. 726

Ueber Tastkörperchen und rete Malpighii. Von Dr. Paul Langerhans, Prosector und Privatdocent in Freiburg i. B. Hierzu Taf. XXX. 730

Ueber die Haut der Larve von Salamandra maculosa. Von Dr. Paul Langerhans, Prosector und Privatdocent in Freiburg i. B. Hierzu Taf. XXXI 745

Ueber die äusseren Bedeckungen der Reptilien und Amphibien. Neue Beiträge von Dr. Franz Leydig in Tübingen. Erster Artikel: Die Haut einheimischer Ophidier. Hierzu Tafel XXXII . . . 753

Zur Kritik der Untersuchungen Schöbl's über die Haare. Von Ludwig Stieda. 795

Mikrographische Mittheilungen. Von Prof. Dr. Leopold Dippel . 801

Die Zähne einheimischer Schlangen nach Bau und Entwickelung.

Von

Dr. **F. Leydig** in Tübingen.

Hierzu Taf. I.

Die Bildungsgeschichte der Zähne der Säugethiere, insbesondere des Menschen, ist wie von lange her, so noch bis zur Gegenwart mit einer Art Vorliebe von den Anatomen berücksichtigt und durch eine Reihe schöner Arbeiten aufgehellt worden. Dabei stellte sich für manchen Beobachter gar bald die Erfahrung heraus, dass diese Körper, obschon in den äusseren Eigenschaften der Härte und Festigkeit, sowie durch reichen Kalkgehalt, den Knochen verwandt, doch nicht ganz zum eigentlichen Knochensystem gezählt werden können. Vielmehr ergab sich aus der Entwickelung, dass die Zähne entfernt von den Knochen des Skelets, in der Schleimhaut der Mundhöhle ihren Ursprung nehmen. Diese Erkenntniss, sowie gewisse Aehnlichkeiten in der Art ihrer Entstehung mit derjenigen der Nägel und Haare, endlich die Wahrnehmung, dass sie bei gewissen Formen abgestossen und wiedererzeugt werden, bestimmte schon einzelne der früheren Schriftsteller, die Zähne dem Horngewebe oder Hornsysteme einzureihen. Und so darf man es nur als einen, das Thatsächliche zusammenfassenden, aber noch mehr ins Allgemeine sich erhebenden Ausdruck bezeichnen, wenn man aus dem Kreise der Naturphilosophen heraus die Zähne für „Nagelglieder des Kopfeingeweideskeletes“ erklären hört.

Blicken wir auf die Forschungen, welche das Herkommen der drei den Zahn zusammensetzenden Substanzen zum Gegenstand haben, so herrschte bezüglich des die Rinde der Krone bildenden Schmelzes von je ziemliche Uebereinstimmung. Man fand, dass sich diese Schicht oder die Glasur durch eine Art Absonderung, herrührend von einem schleimigen Theil des Zahnsäckchens, auf das Zahnbein niederschlage.

Ueber den Ursprung des Zahnbeins selber aber standen sich in der Auslegung des Gesehenen zwei Ansichten gegenüber. Die Einen liessen das Zahnbein durch Verknöcherung des Zahnkeimes oder der Pulpa entstehen, „sowie Knochen aus Knorpel wird.“ Andere dagegen nahmen an, dass das Zahnbein nach aussen von der Oberfläche des Keimes schichtenweise abgesetzt werde, etwa in der Weise, wie Haare und Nägel sich bilden. Der Grundzug in der Verschiedenheit dieser beiden Ansichten konnte selbst dadurch nicht verwischt werden, als mit Hilfe des Mikroskopes die Vorgänge der Zahnentwickelung in der Nähe und daher nach ihren feineren Einzelheiten betrachtet werden konnten.

Die erstere Ansicht — Erzeugung des Zahnbeins durch Verknöcherung der Zahnpapille — wurde die herrschende und ich selbst habe in Schriften und Vorlesungen den Hergang so darzustellen gesucht, dass die Bindegewebskörperchen des Zahnkeimes, welche nach der Oberfläche hin gleich einem Cylinderepithel stehen, in sich verästelnde Röhrchen auswachsen und so, nach erfolgter Ablagerung von Kalk, in die röhrigen Elemente des Zahnbeins sich umwandeln.

Dabei fühlte ich freilich immer die höchst unbequeme Scheidungslinie, welche man bei dieser Auffassung zwischen den Zähnen im Mund und Rachen der Wirbelthiere einerseits, und den kalkigen Zähnen der Wirbellosen, z. B. aus dem Kaumagen der Krebse andererseits, alsdann nothgedrungen ziehen musste. Denn die Zähne der Wirbellosen erwiesen sich als verdickte und verkalkte Cuticularbildungen. Ich hatte bezüglich ihrer Entstehung wahrgenommen, dass durch die Thätigkeit darunter liegender zelliger Elemente homogene Lagen einer organischen Substanz schichtweise sich erzeugten, sodann durch Aufnahme von Kalk erhärten konnten, wobei die ursprünglich vorhandenen röhrigen Gänge oder Porenkanäle sich frei von der Kalkablagerung erhielten.

Diesem sehr abweichenden Verhalten gegenüber, welches zwischen den Zähnen der Wirbellosen und jenen der Wirbelthiere

zu bestehen schien, war es für mich eine erfreuliche Beobachtung, als ich gelegentlich faunistischer Studien über unsere Molche bemerkte, dass ja bei diesen Wirbelthieren das Zahnbein ebenfalls nach seiner Entwickelung den Cuticularbildungen zugerechnet werden müsse [1]).

Einmal aufmerksam geworden, achtete ich auch später bei den Eidechsen auf die mir von Bedeutung scheinende Frage und fand wieder die gleiche Entstehungsweise des Zahnbeins [2]). Es mag deshalb gerechtfertigt erscheinen, wenn ich jetzt auch über die einheimischen Schlangen, deren Sichtung und nähere Kenntniss ich mir seit Längerem angelegen sein lasse, dasjenige hier vorlege, was ich über die Entwickelung der Zähne, der undurchbohrten sowohl, wie der durchbohrten beobachtet habe.

Hierbei halte ich es für angemessen über die Zahl, Form und Bau der Zähne unserer Schlangen Einiges vorauszuschicken, da dieses nicht blos zum Verständniss des Ganzen dient, sondern ich auch schon jetzt Manches an den gangbaren Darstellungen verbessern zu können glaube.

I. Die undurchbohrten Zähne.

1. Zahl. — Form. — Scheide.

Ich habe zwar alle deutschen Arten: Tropidonotus natrix und Tr. tessellatus, Coluber viridiflavus und C. flavescens sowie Coronella laevis untersucht, beschränke mich aber an diesem Orte auf das Allgemeine mit Vermeidung dessen, was für die systematische Behandlung in Betracht gezogen werden soll.

An der herkömmlichen und im Ganzen richtigen Beschreibung der Zähne unsrer Schlangen, dass sie glatt, spitzig und bogenförmig rückwärts gekehrt seien, vermisse ich den Hinweis auf eine Eigenschaft der hinteren grösseren Zähne im Oberkiefer, wie solche bekanntlich bei gewissen Arten regelmässig vorkommen und von Cuvier zuerst bei der Ringelnatter bemerkt worden zu sein scheinen [3]). Dieselben gehen nach rückwärts, an der hohlen Seite in eine verhältnissmässig breite, sichelförmig zugeschärfte, also

---

1) Ueber die Molche (Salamandrina) der Württembergischen Fauna. Arch. f. Naturgeschichte, Jahrg. 33, 1867, Separatausgabe S. 82.

2) Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.

3) Vergleichende Anatomie. Uebersetzung, Bd. 3, S 204 (Tabelle).

schneidende Kante aus. Schon mit der Lupe, bei schräg auffallendem Licht, sieht man z. B. an der Ringelnatter diese Beschaffenheit der hinteren grösseren Zähne des Oberkiefers sehr deutlich; auch bemerkt man beim Handthieren des ganzen Kopfes, namentlich wenn es am lebenden Thiere geschieht, dass die Zähne nicht blos einhacken, sondern förmlich in unsere Haut oder in einen anderen nachgiebigen Körper, in Kork z. B., scharf einschneiden. — An allen Zähnen übrigens, auch den kleinsten, zieht eine feine Kante rechts und links von der Spitze eine Strecke weit herab, welche jedoch nur mit dem Mikroskop sichtbar ist [1]).

Hält man sich, um die Zahl der Zähne kennen zu lernen, lediglich an Schädel, deren Weichtheile entfernt wurden, so wird man die herkömmliche Angabe, welche wohl in den Schriften von Cuvier [2]) und Meckel [3]) zuerst genauer gefasst wurde, und wonach vier Längsreihen oben und zwei Längsreihen unten sich hinziehen, gelten lassen müssen. Anders werden wir uns aber ausdrücken, wenn wir die Kinnladen und den Gaumen des noch mit den Weichgebilden versehenen Kopfes untersuchen, denn da zeigen sich ausser den mit den Knochen verwachsenen und daher am skeletirten Schädel bleibenden Zähnen noch solche, welche lediglich in der Schleimhaut haften, oder sog. Ersatzzähne, und zwar in grösster Menge.

Nehmen wir als Beispiel die Ringelnatter (Tropidonotus natrix), so besitzt der trockene Schädel, immer die eine Seite genommen, an der Oberkinnlade ungefähr 18, am Gaumen ungefähr 29, am Unterkiefer etwa 20 Zähne; demnach im Ganzen in runder Summe etwa 130 [4]).

Prüfen wir nun aber Kiefer- und Gaumenknochen, welche noch von ihrer Schleimhaut umhüllt sind, so findet sich, dass die vorhin abgezählten Zähne des trockenen Schädels gewissermassen nur die stehen gebliebenen Flügelmänner von Zahnquerreihen sind. An der Ober- und Unterkinnlade besteht die einzelne Querreihe aus 4 Zähnen, deren Grösse von aussen nach innen abnimmt, in der Art, dass der dem festgewachsenen Zahn nächste dem ersteren an Grösse

1) Sie erscheint auf mehren Zähnen der Figur 12 angedeutet.

2) a. a. O. 203.

3) System der vergleichenden Anatomie, Bd. 4, S. 358.

4) Cuvier (a. a. O.) nennt für den Oberkiefer 18, für den Gaumen 28, für den Unterkiefer 24 Zähne. Dass es individuelle Unterschiede gebe, sieht man leicht beim Durchmustern mehrerer Schädel.

nur wenig nachsteht, hingegen die zwei darauffolgenden bedeutend kürzer und schmächtiger sind; der innerste oder jüngste ist selbstverständlich der kleinste. Am Oberkiefer nehmen die drei festgewachsenen Zähne der drei letzten Querreihen eine characteristische Grösse an; die drittletzte Querreihe besteht noch aus 4 Zähnen, während die zweitletzte nur noch 3 besitzt und endlich die allerletzte auf zwei herabsinkt, welche beide indessen gleich gross sind. — An der Unterkinnlade ist ein Grössenunterschied zwischen vorn und hinten kaum bemerkbar, aber die Zahlenverhältnisse sind wie an der Oberkinnlade, also hat die drittletzte Querreihe noch die 4 Zähne, die zweitletzte 3, die allerletzte 2. — Am Gaumenbogen nimmt die Grösse der Zähne wie an der Oberkinnlade von vorn nach hinten zu, so dass die hintersten die längsten sind. Hier an den Gaumenzähnen bemerke ich aber auch, dass die einzelne Querreihe gar nicht selten, vielmehr ziemlich allgemein aus 5 Zähnen besteht [1]). Die vorletzte Reihe hat alsdann 4 und die letzte Reihe wieder nur, wie an der Oberkinnlade, 2 grosse Zähne.

Darnach erscheint der Rachen unserer Schlangen mit einer ungemein grossen Zahl von Zähnen ausgerüstet, in runder Summe und wie Vorangehendes zeigt, eher zu niedrig als zu hoch gegriffen, mit 520 Stücken.

Wer sich mit der Untersuchung der Rachenhöhle des vom lebenden Thiere getrennten Kopfes einer Natter zu schaffen macht, begreift schnell die hohe Bedeutung nicht blos der hackenförmigen Gestalt sondern auch der Menge der Zähne. Denn bei der noch hinzutretenden äussersten Beweglichkeit der Kiefer und Gaumenbogen fassen die Zahngarnituren unsere Finger so allseitig, dass wir, will man das Gebiss des Thieres nicht verletzen, nur durch Rückwärtsbewegung unsere Haut befreien können.

Es ist mir daher auffallend, dass der so ungemein zahlreichen Ersatzzähne in den Schriften über die Schlangen wenig gedacht wird. Bezüglich der durchbohrten oder der Giftzähne pflegt man längst zu erwähnen, dass hinter den feststehenden Zähnen noch mehre nicht festsitzende, demnach bewegliche, Zahnkeime zugegen seien. Aber dass sich dieses auch an den undurchbohrten Zähnen, also auch bei den ungiftigen Schlangen, in ausgesprochenstem Masse wiederholt, verdiente doch mehr als es bisher geschehen, hervorge-

1) Vergl. Fig. 12.

hoben zu werden. Cuvier in der vorhin angezogenen Tabelle führt blos von den Gaumenzähnen der „Coluber haje“ an, dass eine „parallele Reihe von kleinen“ an die 25 entwickelten sich anschliesse. Duvernoy sagt gar nichts von den Ersatzzähnen der ungiftigen Schlangen [1]), selbst bei Schlegel [2]) lese ich nur die seit Fontana überall wiederkehrenden Angaben über die Ersatzzähne der Giftschlangen. Bei andern Zoologen wird höchstens nur einer Reihe — es sind die grösseren neben der Reihe der feststehenden — gedacht. So z. B. in einer mir nicht bekannten, bei Milne Edwards [3]) angezogenen englischen Abhandlung. Wohl aber geschieht in dem Werke von Bibron und Dumèril [4]), da wo die Verfasser in der Einleitung über die Zähne der Schlangen im Allgemeinen handeln, der Ersatzzähne ausdrücklichere Erwähnung: es seien zahlreiche Zahnkeime seitwärts von den feststehenden Zähnen zugegen. Endlich gehört noch Rapp [5]) zu den wenigen Zoologen, welche in bestimmter Weise auf die „nur im Zahnfleisch hängenden Zähne“ der ungiftigen Schlangen hindeuten. — Dagegen macht es mir beim Durchgehen der Schriften zahlreicher Faunisten den Eindruck, als ob die Autoren wirklich nur die am skeletirten Schädel stehen bleibenden Zähne der äussersten Reihe gekannt hätten, nicht aber die lediglich in der Schleimhaut haftenden und daher mit dieser beim Aufweichen abgehenden Zähne [6]).

---

1) Ann d. sc. nat. XXVI, p. 125.

2) Physionomie des Serpens, 1837.

3) Leçons sur la physiologie, T. VI, p. 170.

4) Erpétologie générale. 1844, T. 6, p. 129.

5) In der Dissertation Bächtold's, Untersuchungen über die Giftwerkzeuge der Schlangen. Tübingen 1843, S. 6.

6) Wenn man z. B. in einem schwülstig geschriebenen Buche, betitelt »Die Schlangen Deutschlands, Stuttgart 1855« liest: »Wohl zeigt der gähnende Schlangenrachen einen Besatz von Zähnen, wie ihn stattlicher und schrecklicher kein anderes Raubthier aufzuweisen hat«, so möchte man glauben, der Verfasser habe eine Ahnung gehabt, dass über 520 Zähne zugegen seien. Doch dem ist nicht so. »Denn — heisst es weiter — nicht weniger als vier Zahnreihen, in Kiefer und Gaumenbeine eingewachsen, drohen von oben her, vom Gewölbe des Rachens, ihnen entgegen, von unten die beiden nicht minder stattlichen Reihen des zwiespältigen Unterkiefers«. Mit welchem Schwung der Rede würde dieser Autor sich wohl ausgelassen haben, wenn er gewusst hätte, dass nahezu fünfmal mehr Zähne vorhanden sind, als er gesehen hat?

Die Bewaffnung der Kiefer und des Gaumens der Schlangen mit so ungemein vielen Zähnen ist durchaus zu vergleichen den zahlreichen, sich wiederholenden Zahnreihen der Fische.

Der Grund, warum die nicht mit den Knochen verwachsenen Zähne so wenig beachtet wurden, scheint neben dem bereits Angeführten darin zu liegen, weil man am frischen Thier der Zähne wegen ihres Verborgenseins in den, einem Zahnfleisch ähnelnden, die Kinnladen und die Gaumenbogen umziehenden, Falten der Mundschleimhaut schwer ansichtig wird. Was vor vielen Jahren Schrank[1]) hierüber gesagt hat, wird gar Mancher, der keine weiteren Nachforschungen anstellt, in gleicher Weise erfahren haben. Er bemerkt: „Zähne konnte ich am frischen Kopfe (der Ringelnatter) nicht einmal durch das Suchglas wahrnehmen, sie waren ganz von dem Zahnfleisch verdeckt. Das Gefühl und sogar das Gehör belehrten mich von ihrem Dasein: denn als ich mit dem Skalpele längs der Kinnlade hinfuhr, bemerkte ich von einander getrennte kleine Widerstände und hörte ein schwaches Knistern, wie der Stahl der Schneide von Zahn zu Zahn fortrückte. Nachdem ich aber den Kopf mehr abtrocknen liess, kamen die Zähne zum Vorschein.“ Es sehen in der That die Zähne, und wieder nur die grösseren, mit ihrer feinen rückwärts gerichteten Spitze aus dem „Zahnfleisch“ heraus; man muss selbst mit der Lupe scharf hinblicken, um sie gewahr zu werden.

Die scheidenähnlichen Verlängerungen der Schleimhaut der Mundhöhle werden gewöhnlich nur im Hinblick auf die Giftzähne erwähnt; dort sind sie wie bekannt, entsprechend der Länge der Giftzähne, ganz besonders entwickelt. Indessen hat ihrer doch auch bezüglich der undurchbohrten Zähne der ungiftigen Schlangen z. B. schon der genaue Meckel[2]) gedacht. Ich möchte noch beifügen, dass innerhalb des Thales, in welchem die Zahnquerreihen stehen, die Schleimhaut sich wieder derartig in kleine Fältchen erhebt, dass der einzelne Zahn an seiner Wurzel wie in einer besonderen niedrigen Tasche steckt. Zwischen den feststehenden grossen Zähnen und denen der nächsten Reihe, welche schon um etwas kleiner sind, sinkt die Schleimhaut zu einer Furche ein.

Ueber die feinere Beschaffenheit der Zahnfleischfalten ungiftiger

---

1) Fauna boica 1798, Th. I. S. 290.

2) System der vergleichenden Anatomie, Bd. 4 (1829), S. 359.

Schlangen und dass auf ihrem freien Rande besondere Sinnesorgane vorkommen, habe ich mich an einem anderen Orte ausgesprochen [1]).

2. Der feinere Bau.

Das was ich seiner Zeit über das histologische Verhalten des fertigen Zahns von den Salamandern mittheilte [2]), hat im Wesentlichen auch Geltung für die Zähne der Schlangen.

Bei den Salamandern erscheinen die Spitzen der Krone mehr oder weniger lebhaft rostbraun gefärbt. Dies tritt bei Schlangen etwas zurück, ohne aber ganz zu fehlen; ich sehe nicht blos an den grösseren Zähnen, sondern auch an den Ersatzzähnen einen unverkennbar gelblichen Anflug der Spitze.

Hervorzuheben ist, dass deutlich ein homogenes Häutchen, Cuticula, den Zahn überzieht. An Zähnen, welche durch Säuren gequollen sind, löst sich dieses Häutchen mitunter in Fetzen ab oder erzeugt auch wohl durch ringförmige Faltung eine Zickzackbildung der Oberfläche des Zahns, welche uns verleiten könnte, hier eine besondere Sculptur erblicken zu wollen. Durch diese homogene Grenzschicht oder Cuticula geschieht auch die Verbindung des Zahns mit dem Knochengewebe der Kiefer- und Gaumenbogen. Senkrechte Schnitte, z. B. durch den Zahn und das zahntragende Stück (Dentale) des Unterkiefers lassen sehen, dass die Wand des Zahns abwärts ganz dünnzulaufend, zuletzt nur noch als homogene Haut in die Knochensubstanz des Unterkiefers übergeht. Auch an den Abbildungen, welche ich von den Zähnen der Salamander gab, zeigt sich die Cuticula als Brücke zwischen der Zahnkrone und dem Sockel [3]).

Im Zahnbein unterscheidet man zahlreiche Schichtungsstreifen, welche als Wiederholungslinien des Umrisses der Papille eine Art dutenförmige Zusammensetzung des Zahns offenbaren. Die Zahnkanälchen, deren Oeffnungen an der Innenfläche des Zahnbeines gut zu sehen sind, verlaufen in sachten Biegungen und verästeln sich, namentlich gegen das Ende hin, in feine Ausläufer [4]).

---

1) Zur Kenntniss der Sinnesorgane der Schlangen. Archiv f. mikroskop. Anatomie Bd. 8, 1872.

2) Die Molche der württemb. Fauna. Archiv f. Naturgesch. 1867. (Separatausgabe S. 84.)

3) a. a. O. Taf. V. fig. 20. fig. 21.

4) Oefters kamen mir in der äussersten Schicht fertiger Zähne quer-

Ein eigentlicher Schmelz mangelt auch bei den Schlangen; was man einer Glasur vergleichen könnte, ist nur eine Art festere Grenzschicht oder Rinde des Zahnbeins.

Die Kiefer- und Gaumenknochen haben da, wo die Zähne der äussern Reihe sitzen, Gruben, in deren Mitte ein Gefässloch sich zeigt. Die Grube entspricht einem weiten Markraum und auf diesem steht der Zahn so, dass seine Höhle sich wie eine Fortsetzung des Markraumes ausnimmt.

3. Entwickelung.

Hiebei möchten, worauf ich bereits in den einleitenden Bemerkungen hingewiesen, besonders zwei Punkte der Beachtung zu empfehlen sein.

Das Bindegewebe der Schleimhaut erhebt sich für die jüngsten oder kleinsten der Ersatzzähne zu fadenartigen Papillen, an deren Ende die Zähne aufsitzen. Letztere haben somit in frühester Zeit lange weiche Stiele und sind dadurch nicht blos sehr beweglich, sondern auch leicht von der Schleimhaut abstreifbar.

Der Zahn selbst, das heisst, seine harten Substanzen sind Abscheidungen des die Spitze der Papille überziehenden Epithels und zwar ist es die untere, sich sehr bestimmt abhebende Lage, der Schleimschicht, welche dieses besorgt. Dieselbe sondert sich in zwei Blätter, und da das Zahnbein in den dadurch gegebenen Raum abgesetzt wird, so kommt der eine Theil des Epithels zwischen die Aussenfläche der Papille und die Innenfläche des Zahnbeins zu liegen, der andere Theil überzieht die Aussenfläche des Zahnbeins. In den jüngeren Stadien, so lange der Zahn noch die Form eines kleinen kurzen Käppchens hat, gehen dieses äussere und innere Epithel, entsprechend ihrem Ursprung, nach unten in einander über; später aber durchschneidet das Zahnbein, indem es nach hinten sich ausdehnt, die Verbindung, so dass alsdann das Epithel der Papille und das Epithel der Zahnoberfläche nicht mehr zusammenhängen.

Das innere Epithel ist es dann auch, was sich in näherer Weise an der Ausbildung des Zahnbeins betheiligt. Seine Zellen nämlich wachsen in Fäden aus und werden zu den Kanälchen des

---

verlaufende Linien zur Ansicht, die man dem ersten Anblick nach auf Zahnkanälchen hätte beziehen mögen. Allein ich glaube annehmen zu dürfen, dass man es mit zarten ringförmigen Quersprüngen zu thun habe.

Zahnbeins; während sich abscheidende homogene und Kalk aufnehmende Lagen die Grundsubstanz des Zahnbeins liefern. — Von einer Theilnahme des äusseren Epithels an der Zubereitung der Zahnsubstanz habe ich mich noch nicht überzeugen können; und insofern auch nicht die geringste Spur eigentlicher Schmelzprismen, die ja im Hinblick auf das, was bei den Säugethieren geschieht, von dieser Lage her den Ursprung zu nehmen hätten, am Schlangenzahn auftritt, so ist der Grund dieses Mangels vielleicht in dem angedeuteten Umstand zu suchen. Wohl aber bleibt das äussere Epithel in seiner ganzen Ausdehnung lange fort als Ueberzug des Zahnes bestehen, so dass kaum erst an jenen Zähnen, welche den feststehenden auch in der Grösse zunächst folgen, die nackte Spitze hervorsieht. Die Hornschicht des Epithels kann sogar als fadiger Kegel weit über den Zahn hinausragen, wie mir dieses z. B. an einer nur einige Monate alten Coronella laevis besonders aufgefallen ist.

Ich habe die meisten meiner Beobachtungen an der Ringelnatter gemacht und schon deshalb wäre es nothwendig, auf die Angaben Rathke's [1]) einzugehen, die aber diesmal wenig mit dem, was ich gesehen, übereinstimmen, und auf unrichtiger Auslegung des Wahrgenommenen beruhen. Er sagt: „In Hinsicht der Zähne wäre anzuführen, dass ein jeder anfangs als eine dreieckige längliche Platte erscheint, deren Seitenränder umsomehr einander genähert und zusammengekrümmt sind, je näher nach dem Scheitel hin, bis sie in eine kurze dichte Spitze übergehen, die eben den Scheitel des Ganzen ausmacht. Nachher aber wird die Spitze länger, und erhält über den plattenartigen rinnenförmigen Theil das Uebergewicht. Demnach findet zwischen den Zähnen der Natter und den Giftzähnen anderer Schlangen ursprünglich eine auffallende und nicht zu verkennende Aehnlichkeit statt."

Gerade diese letztere Angabe Rathke's findet sich von diesem und jenem Schriftsteller, aber offenbar ohne eigene Nachprüfung, wiederholt und sie wäre allerdings auch sehr bedeutsam. Allein sie ist irrig. Die erste Anlage des Zahns ist nicht eine rinnenförmige Platte, sondern hat die Gestalt eines den Gipfel der Papille deckenden Käppchens; und was Rathke die sich zusammenkrümmenden und einander nähernden Seitenränder nennt, ist der optische Längs-

1) Entwickelungsgeschichte der Natter. Königsberg 1839, S. 205.

schnitt des Käppchens. Man kann daher nicht im Entferntesten sagen, dass auch die undurchbohrten Zähne der ungiftigen Schlangen bei ihrem ersten Erscheinen eine der Rinne der Giftzähne ähnliche Partie besässen. Ueber die Bildung dieser letzteren werde ich nachher das Nöthige folgen lassen. Wie man aus den Mittheilungen des genannten Beobachters über die Zähne der Schlangen — und ich habe sie vollständig im Obigen vorgelegt — ersieht, so hat sich derselbe um jene weiteren Fragen bezüglich des Baues und des Verhaltens zu den Geweben, welche uns jetzt angehen, noch nicht bekümmert.

In dem späteren nachgelassenen Werke Rathke's über die Krokodile [1]) hingegen wird die erste Gestalt der Zähne in ziemlicher Uebereinstimmung mit meinen Beobachtungen an anderen Sauriern beschrieben. Es seien kleine Scherben, die in ihrer Form eine Aehnlichkeit mit dem Gehäuse mancher Schüsselschnecken, z. B. der Patella vulgata besitzen; andere die sich weiter entwickelt hatten, waren Hohlkegel mit einem scharfen Rand an ihrer Basis. Indem Rathke den Inhalt der Zahnsäckchen — welch' letztere hier, wenn ich die Angabe nicht falsch verstehe, eine bindegewebige Umgrenzung, ähnlich wie jene der Säugethiere haben — beschreibt, spricht er auch von einer zwischen der Wand des Säckchens und dem Zahne befindlichen weichen, aus kernhaltigen Zellen bestehenden Substanz und vergleicht sie dem Organon adamantinae, der Bildungsstätte des Schmelzes. Dass damit die von mir besprochene Epithellage, welche bei Schlangen und den Lacerten allein das „Zahnsäckchen" bilden, gemeint sei, steht ausser Zweifel.

II. Die durchbohrten oder Giftzähne.

1. Form. — Scheide.

Das Nachfolgende bezieht sich hauptsächlich auf Untersuchungen, welche ich an einer frischen Vipera berus und an einem sehr wohl erhaltenen, erst kurze Zeit in Weingeist gelegenen Exemplar von Vipera ammodytes angestellt habe [2]).

---

1) Untersuchungen üb. d. Entwickelung u. d. Körperbau der Krokodile. Braunschweig 1866.

2) Ich verdanke dasselbe Herrn Professor Gredler in Bozen, welcher im Jahre 1853 die Entdeckung machte, dass sich diese Giftschlange von Osten her aus Kärnthen bis nach Bozen erstreckt. In der Umgebung der Haselburg (Kuhbach) ist das Thier seit der Zeit fast in jedem Jahr gefangen

Der Sack, welcher die Giftzähne birgt, ist die gleiche Bildung, welche auch um die Zähne der ungiftigen Schlangen besteht; dass die Wände des offenen Sackes sich höher erheben, hängt, wie bereits oben bemerkt, einfach zusammen mit der bedeutenden Länge der Giftzähne. — Das Bindegewebe, welches den Hauptbestandtheil der Falten bildet und Blutgefässe sowie zahlreiche Nerven trägt, auch glatte Muskelzüge in geflechtartiger Anordnung besitzt, schliesst keine Drüsen ein; was ich bemerken möchte gegenüber einer älteren gebräuchlichen Bezeichnungsweise: „Folliculus glandulosus". Man müsste denn die Organe, von denen jetzt gleich einiges zu sagen ist, und welche den Früheren unbekannt waren, Drüsen nennen wollen.

Ich habe nämlich zur Zeit als ich noch nicht wusste, dass auf den um die Zähne ziehenden Falten oder Scheiden der Schleimhaut eigenartige Sinnesorgane vorkommen, einen Theil des Kopfes von Trigonocephalus mit Rücksicht auf die zwischen Nase und Auge sich findende Grube in einer Zeichnung dargestellt und hatte dabei scharf hervortretende Höckerreihen auf der Schleimhaut, seitwärts vom Gaumen, anzubringen, von mir dazumal ganz unbekannter Bedeutung. Später, als ich bei ungiftigen Schlangen an ähnlichen

worden. Vergl. über Weiteres de Betta, Erpetologia delle provincie Venete e del Tirolo meridionale, Verona 1857, p. 257. Was übrigens der geschätzte Verfasser genannten Werkes, welcher eine reiche Literatur aufführt, nicht zu wissen scheint, und ich deshalb hier beizusetzen mir erlaube, ist die Wahrnehmung, dass bereits im vorigen Jahrhundert das Vorkommen der Vipera ammodytes in Südtirol nachgewiesen wurde. Es geschah solches von Scopoli. Dieser, bekanntlich ein Südtiroler von Geburt, aus Cavalese im Fleimserthal, erzählt im Iter tyrolense (Annus hist. natur. II. 1769), dass er im Juni des Jahres 1767 die Heimath wieder aufgesucht habe, »eo animo, ut etiam illa, quae historiam naturalem et rem agrariam utilioribus locupletare possent in Flemnensium montibus sedulo quaererem et adnotarem.« Da lernte er auch eine Giftschlange kennen, die er für Coluber berus L. hält: »pedalis, venenatus, ex apice labii superioris educens corniculum; litura fusca a collo ad caudae apicem usque, qui subtus rufus est.« Aus diesen Merkmalen, namentlich aus dem Hörnchen der Schnauze und dem Roth an der Unterseite des Schwanzes, wird Jeder sofort die Sandviper erkennen. Einige Jahre darnach (im Annus hist. nat. V. 1772) hat auch Scopoli seinen Irrthum eingestanden und erklärt, die von ihm für Coluber berus L. gehaltene Schlange sei die Vipera illyrica Laur., bekanntlich synonym der Vipera ammodytes.

Höckern den „Sinnesbechern“ verwandte Bildungen nachgewiesen, durfte ich auch bei den Giftschlangen die gleichen Organe vermuthen [1]).

Ich sehe denn jetzt bei Vipera ammodytes [2]) sehr deutlich, dass auch hier diese Sinneswerkzeuge zugegen sind und besonders entwickelt an dem Rande der Tasche vor den Giftzähnen. Auch bei Vipera berus bilden sie vorn an der Tasche für die Giftzähne zwei Reihen von Knöpfchen; an den Falten des Unterkiefers [3]) und am Gaumen sind sie kleiner. (Diese Lage, nebenbei bemerkt, spricht doch auch gegen die Ansicht derjenigen, welche in den fraglichen Bildungen Organe des Geschmacks erblicken wollen. Viel eher liesse sich die Vorstellung, dass es sich um „ein Zufühlen oder Tasten“ handelt, rechtfertigen.) Es erleidet keinen Zweifel, dass der Ausdruck „callös-gekerbt“ womit Brandt [4]) die Ränder des Sackes für die Giftzähne bezeichnet, sich auf diese Höcker mit ihren Epidermishügeln bezieht. Auch Fontana nennt bereits den Saum der Scheide „gezahnt“.

Ueber den feineren Bau konnte ich an dem in Weingeist aufbewahrten Exemplar blos sehen, dass in die Höcker dicke Nerven aus unterliegenden Geflechten sich erheben um dort zu enden; eine zellig-gangliöse Partie am Gipfel glaube ich immerhin unterscheiden zu können. Dem aufliegenden Epithel gehört dann wieder der Sinnesbecher oder Epidermishügel an. — An der frischen Vipera berus liess sich feststellen, dass die Grundzüge im histologischen Bau dieselben sind, wie bei den ungiftigen Schlangen. Insbesondere sah ich auch hier die Ganglienzellen am Ende der Nerven; und nachdem die Organe in Lösungen von Chromsäure gelegen hatten, ragte aus manchen der Sinnesbecher sehr deutlich ein Büschel der anderwärts von mir erwähnten stäbchenartigen Gebilde [5]).

Die Zahl der Giftzähne betrug bei V. ammodytes jederseits fünfzehn und zwar waren sie eigentlich ebenfalls wie die undurchbohrten in Querreihen angeordnet. Bei V. berus, var. prester, waren

1) Archiv f. mikroskop. Anatomie Bd. 8, 1872 (zur Kenntniss der Sinnesorgane der Schlangen).

2) Nachträglich auch bei Vipera aspis.

3) Vergl. Fig. 13, welche ein Stück der Falte des Unterkiefers mit den darauf sitzenden Sinnesbechern veranschaulicht.

4) Brandt u. Ratzeburg, Medicinische Zoologie 1829, S. 176.

5) Vergl. Fig. 14.

jederseits nur neun Zähne in drei Querreihen zugegen. Die starken stehen nach aussen, die schwachen wie im Schutze darunter. Die Ersatzzähne liegen dicht beisammen; ihre Spitzen sind gegen einander geneigt. Was mir hiebei noch besonders (an V. ammodytes) auffiel, war, dass man, wenigstens an jener Gruppe von jüngeren Zähnen, welche dem feststehenden grössten Zahn zunächst folgen, noch ein gemeinsames, aus Bindegewebe und Epithel bestehendes Häutchen abheben konnte; es hatte den Anschein, als ob es eine Wiederholung der grossen Tasche in zarterer Form wäre [1]).

Im Oberkiefer jederseits war bei beiden genannten Arten nur ein einziger Zahn mit dem Knochen verwachsen; selbst der nächstfolgende, obschon dem ersteren an Grösse wenig nachgebend, gehörte so gut wie alle die übrigen lediglich der Schleimhaut an. Seine Gestalt zeigt die bekannte sichelförmige Krümmung, doch biegt die Linie der Rückenkante, gerade da, wo die vordere Oeffnung des Zahnes beginnt, etwas ab. Diese vordere Oeffnung selber stellt einen ziemlich langen Spalt oder Schlitz dar, der schon auf der Höhe des letzten Drittels des Zahnes beginnt und bis zur Spitze sich erstreckt [2]). Es kann anfangs durch den Lichtreflex scheinen, als ob die Ränder der Spalte etwas wulstig wären, was aber, wie namentlich der Querschnitt deutlich lehrt, nicht der Fall ist. — Die hintere Oeffnung [3]), unmittelbar von der Zahnwurzel sich herauf erstreckend, ist kürzer und wenigstens gegen das vordere Ende hin, weiter. Der Kanal, zu welchem diese beiden Oeffnungen als Anfang und Ende gehören, entsteht als Furche, und es bleibt längs des Rückens des Zahns, insoweit die Ränder der Furche sich zum Kanal geschlossen haben, eine feine Naht zurück.

Alle diese Verhältnisse sind zwar mit der Lupe oder dem Mikroskop leicht zu erkennen, durften aber doch hier erwähnt werden, weil keineswegs weder die vorhandenen Abbildungen noch die Beschreibungen ganz zutreffend sind. So sagt z. B. Lenz, dessen Buch [4]) an vielen Stellen Zeugniss von genauer Kenntniss der Kreuz-

---

1) In der Nähe der jüngsten Zähne bemerkt man noch eine Anzahl kleiner Warzen des Epithels; sollten diese vielleicht die allerersten Anfänge oder die Einleitung zur Zahnbildung sein?

2) Fig. 1.

3) Fig. 2.

4) Schlangenkunde, Gotha 1832.

otter gibt, es laufe vorn nach der Länge des Zahns eine feine, offene Rinne hin, welche beim Eingangsloch des Kanals beginne und sich mit der Rinne vereine, in welche die Mündung des Kanals auslaufe. Sie sei dazu bestimmt, das Gift, welches der Kanal nicht aufnehme, in die Wunde zu leiten. Diese irrige Auffassung der Sutur als offene Rinne ist seit der Zeit wie oft nachgeschrieben worden, obschon bereits Brandt[1]) richtig von einer „Linie" spricht, welche an der oberen Seite des Zahnes der Ueberrest der Ränder sei. Selbst Smith[2]) gebraucht für den Ausdruck Naht auch die Bezeichnung Schlitz, obschon die trefflichen seiner Abhandlung beigegebenen Abbildungen in naturgetreuer Weise nur die Suturlinie zeigen. Welche Bewandtniss es mit der Bemerkung Smith's habe, dass „Schmelz" die verwachsenden Ränder ausfülle, werde ich nachher berühren.

Auch die uns oft begegnende Angabe, dass die Mündung des Giftkanals etwas entfernt von der Zahnspitze liege, kann missverstanden werden, wenn man nicht weiss, dass die Mündung die Form einer langen Spalte hat, welche fast bis zur Zahnspitze sich erstreckt. Dieses Verhalten hat Lenz genau und richtig ausgedrückt, indem er sagt, dass der Kanal zwar etwa $^1/_4$ der Zahnlänge von der Spitze des Zahns münde, aber in eine offene, bis zur Spitze gehende feine Rinne verlaufe. Die Abbildung der Giftzähne der Viper bei Fontana[3]) ist hierin, obschon die Rinne zu frühe aufhört, doch noch genauer als manche der späteren Zeichnungen; auch bei Brandt[4]) geht die Rinne zu entfernt von der Spitze aus. Sogar die neueste mir bekannt gewordene Figur des Zahnes der Viper (Vipera aspis), welche de Betta seinem Werke über die Reptilien beigefügt[5]), hat den Mangel, dass die Rinne oder Mündung viel zu entfernt von der Spitze des Zahns endigt. Nicht minder weicht die Form, welche der hinteren Oeffnung oder dem An-

---

1) Brandt u. Ratzeburg, Medicinische Zoologie, 1829, S. 176.

2) On the structure of the poisonus fangs of serpents. Phil. Transact. 1818.

3) Ueber d. Viperngift. Uebersetzg. Berlin, 1787, Tab. II, Fg. 2.

4) a. a. O. Taf. XX, Fig. 4, c. Es geht zwar an dieser Abbildung des Giftzahns eine Linie seitwärts von der Rinne bis zur Spitze des Zahns, allein sie soll den Schatten bedeuten und hat nichts mit der Mündung zu thun.

5) Erpetologia delle provincie venete e del Tirolo meridionale, Verona 1857. Fig. 7, Dente velenifero a forte ingrandimento.

fang des Kanals dort gegeben ist, sehr ab von dem, was ich an Vipera ammodytes sehe. Mehr stimmt hierin die Zeichnung bei Brandt; bedeutend anders stellt die Oeffnung hingegen wieder Fontana dar, welcher sie breit dreiseitig hält.

Für die besten Abbildungen der Giftzähne, allerdings nicht der Viper, sondern der Brillenschlange, muss ich die bereits im Jahre 1818 veröffentlichten Figuren bezeichnen, welche die schon genannte Abhandlung Smith's begleiten. Sowohl die Oeffnung an der Zahnwurzel, als auch die Ausdehnung der vorderen Spaltöffnung stimmt mit meinen Beobachtungen am meisten überein. Oken hat in der Zeitschrift Isis [1]) nicht blos den Text der Smith'schen Abhandlung im Auszug mitgetheilt, sondern auch die sämmtlichen Figuren nachstechen lassen, wobei aber die letzteren stark von ihrer Richtigkeit eingebüsst haben. Denn ganz abgesehen von dem Ausserachtlassen feinerer Schatten, wodurch z. B. auf Fig. A der vordere Schlitz zu kurz ausgefallen ist, hat sich ein anderer entschiedener Fehler eingeschlichen. Abweichend nämlich von dem auch hierin sehr getreu gehaltenen Original, tritt an der Copie der Eingang zu jener Höhle, welche die Pulpe umschliesst, in der Form zweier deutlich gesonderter Oeffnungen auf, indem der Boden der beginnenden Giftrinne und die Umgebung der Pulpahöhle eine Strecke weit in eins zusammengeschmolzen erscheinen. Später hat Oken [2]) denselben Fehler mit herübergenommen in seinen zoologischen Atlas, allwo er abermals mehre der Smith'schen Figuren zu seinem Gebrauch verwendete.

Bei Sturm [3]) ist auf der Tafel, welche die Kreuzotter, dort Coluber chersea L., veranschaulicht, auch der Giftzahn vergrössert zu sehen und die vordere Oeffnung erscheint ziemlich richtig bis hart heran zur Spitze gezogen. Dasselbe wäre zu rühmen von der Tafel, welche der männlichen Vipera ammodytes gewidmet ist. Nur ist dort die Rinne im Verhältniss zum übrigen Zahn viel zu breit und lang gehalten. Sämmtliche Figuren über die Sandviper im Sturm'schen Werk sind übrigens verkleinerte Nachbildungen der

1) Jahrgang 1819.

2) Abbildungen zur allgem. Naturgesch. Stuttgart, 1843, Taf. 62.

3) Fauna Deutschlands in Abbildungen nach der Natur mit Beschreibungen, Nürnberg 1797, III. Abthlg.

sonst sehr schönen Tafeln, welche die Abhandlung Host's: Amphibiologica, schmücken [1]).

Die Zahl der Ersatzzähne geben die früheren Beobachter geringer an als ich fand: der Eine spricht von 1—5, der Andere von 1—6, Fontana sagt, höchstens belaufe sich ihre Zahl auf 8. Ich glaube, dass die Art der Untersuchung die Schuld trägt, warum die ganz kleinen Zähne übersehen werden konnten. Welche Zahl ich bei Vipera ammodytes und V. berus (var. prester) antraf, wurde oben mitgetheilt.

2. Der innere Bau.

a. Die beiden Höhlen.

Bekanntlich hat Fontana das Verdienst, allen anderen Vorgängern gegenüber zuerst gezeigt zu haben, dass die Giftzähne „eine doppelte Höhlung" besitzen, welche keine Gemeinschaft mit einander haben, sondern durch „eine sehr zerbrechliche knochichte Zwischenwand von einander abgesondert" seien. Man weiss seit dieser Zeit, dass ausser dem an der convexen Seite verlaufenden Giftkanal noch an der concaven Seite eine Höhle zur Aufnahme der Zahnpapille besteht.

Den Längendurchschnitt eines Giftzahns („Hundszahn"), welchen Fontana seinem Werke beigegeben hat, sieht man bis zur Stunde noch, obschon er jetzt über hundert Jahre alt ist, in den Büchern immer wieder von neuem aufgelegt. Und doch leidet die Abbildung an einem Fehler, welcher in einer vor etwa dreissig Jahren veröffentlichten bildlichen Darstellung, ebenfalls des Längsschnittes, allerdings eines an und für sich viel grösseren und leichter zu behandelnden Zahnes von Cobra di capello, verbessert wurde [2]). Trotzdem hat die letztgemeinte Figur, wie wohl sie auch sonst, besonders was die Massverhältnisse anbelangt — der Zahn bei Fontana ist an der Wurzel zu breit — naturgetreuer gehalten erscheint, noch keineswegs Eingang und Verbreitung in andere Schriften gefunden.

Das Fehlerhafte, auf das hinzudeuten ich nicht unterlassen möchte, ist, dass der treffliche italienische Forscher die Pulpa-

---

1) In Jacquin's Collectanea ad botanicam chemiam et historiam naturalem spectantia Vol. IV.

2) Odontography, London 1840—1845. Pl. 65. Fig. 11.

Höhle viel zu frühe aufhören lässt. In Uebereinstimmung mit seiner Zeichnung sagt er: »Der inwendige Kanal, welcher sich auf der hohlen Seite des Zahnes befindet, fängt an der Grundfläche mit einer grossen Oeffnung an; von da geht er weiter, indem er nach und nach enger wird und endigt sich endlich in eine blinde Spitze über der Mitte des Zahns.« Ich sehe hingegen, dass die Pulpa-Höhle nicht etwa schon in der Mitte des Zahns endet, sondern vielmehr, obschon sehr schmal geworden, viel weiter, ja bis nahe zur Zahnspitze, sich erstreckt. Das blinde Ende der kanalartig eingeengten Höhle liegt etwa unter dem Anfang des letzten Fünftels der rinnenartig ausgezogenen Oeffnung des Giftkanals.

Hievon überzeugt man sich am leichtesten durch Betrachten des frischen Zahnes [1]), indem das durchschimmernde Blut der Gefässe der Pulpa sehr deutlich darthut, wie weit die Zahnpapille sich verlängert. Schneiden wir uns dann eine Querscheibe vom Zahn weg, etwa aus dem vorderen Drittel seiner Länge, also aus der Gegend der Oeffnungsrinne, so erblicken wir auch auf diese Weise unterhalb der Rinne, allwo nach Fontana längst keine Spur mehr von der Pulpahöhle zugegen sein sollte, eine solche klar und rein in Form eines im Durchschnitt runden Kanals [2]).

Der untere viel geräumigere Theil, welchen Fontana allein gekannt, hat übrigens eine andere Gestalt im Querschnitt als dort [3]) vorgestellt wird. Die Lichtung ist nämlich keineswegs kreisförmig im Querschnitt, sondern in sehr ausgesprochener Weise halbmondförmig [4]). Denn die Pulpahöhle umgreift den von aussen her eingestülpten Giftkanal. Dieses Verhalten erscheint zum erstenmal und aufs beste ausgedrückt in den sehr reinen, bei auffallendem Licht von Clift gezeichneten Zahndurchschnitten, welche zur Abhandlung Smith's gehören [5]).

Der Giftkanal selber entsteht, was wohl ebenfalls zuerst durch die eben genannten englischen Beobachter bekannt geworden ist und wovon man sich auch an Querschnitten des fertigen Zahns

---

1) Vergl. Fig. 3.

2) Vergl. Fig. 6.

3) A. a. O. Taf. II. Fig. 6, m, a, s, o, d.

4) Vergl. Fig. 6.

5) A. a. O. Phil. Transact. 1818. — Eine Uebersetzung findet sich, ausser der schon erwähnten in Oken's Isis, auch in Meckels Archiv 1820.

gut belehren kann, von aussen her durch Bildung einer Furche, die vorn und hinten offen bleibt, während in der Mitte die Ränder der Erhebung verwachsen. Die längs der Rückenseite hinlaufende Naht bleibt als Spur dieses Vorganges bestehen.

Man wird einen Querschnitt aus der Mitte des Zahns auch desshalb mit Antheil betrachten, weil hier die Art und Weise, wie Kanalbildungen im thierischen Körper wohl öfters zu Stande kommen mögen, in so deutlichem Bilde festgehalten sich zeigt. Auch Oken, welcher sich mit dem Studium entwicklungsgeschichtlicher Hergänge befasst hat, scheint nach Kenntnissnahme der Smith'schen Arbeit ein ähnliches Behagen gefühlt zu haben. Denn er setzt seinem Auszug der englischen Abhandlung in der Isis folgende Bemerkung bei: »Dieser Bau stimmt so sehr mit allen übrigen blasenartigen Gebilden des Leibes überein, dass an dessen Richtigkeit wohl Niemand zweifeln wird. Es ist die gewöhnliche Einrollung oder Einsackung fast aller Blasen, wie sie sich beim Gekröss findet, beim Amnion. Die Giftzähne weichen mithin in ihrem Bau von dem der andern Zähne, in sofern sie eingerollt sind, nicht ab, und demnach ist wieder eine Sonderbarkeit mehr aus der Anatomie vertrieben.«

Auch eine andere ins Allgemeine gehende Bemerkung drängt sich mir auf. Hat man nämlich einen Giftzahn völlig in Querscheiben zerlegt, so zeigt sich beim Durchmustern der Stücke keineswegs strenges Ebenmass von rechts nach links, sondern im Gegentheil mehr oder weniger starke Abweichungen hievon. Es kommt vor, dass der kanalartige Ausläufer der Pulpahöhle nicht genau die Mitte hält, oder dass die über ihm stehenden Wände der Giftrinne ungleich sind, sowohl in der Dicke als auch in der Höhe; da wo die Pulpahöhle von halbmondförmigem Querschnitt ist, lassen sich ebenfalls kleine Störungen der seitlichen Symmetrie wahrnehmen. — Es ist sonst Regel gewesen, organische Körper mit seitlichem Ebenmass genau so zu zeichnen, wie wenn die eine Seite Spiegelbild der anderen wäre. Allein wer schärfer zusieht, findet Abweichungen in dem angedeuteten Sinne überaus häufig. Bei Vergrösserung des Gegenstandes oder durch photographische Aufnahme wird diese Symmetrie leicht noch sinnenfälliger.

b. Die Substanz des Zahns.

Das Zahnbein [1]) verhält sich in der Schichtung der Grundsubstanz, sowie der sich verästigenden Kanälchen ganz in gleicher Weise, wie man solches an den undurchbohrten Zähnen wahrnimmt. An der Aussenfläche bemerke ich hin und wieder die auch für letztere erwähnten dunklen Querlinien, welche wahrscheinlich als feine Querrisse zu deuten sein mögen. Das Zahnbein, von innen angesehen, erscheint durch die Oeffnungen der Kanälchen fein und dicht punktirt. Hat längere Zeit Essigsäure und Glycerin eingewirkt, so sieht die in Rede stehende Substanz einer sog. Glashaut oder Descemet'schen Haut sehr ähnlich.

Eine Rindenschicht, die man dem Schmelz vergleichen könnte, hebt sich ebenfalls ab [2]); insofern in ihr nur äusserst feine und nicht sehr zahlreiche Kanälchen vorkommen, so nimmt sie sich beinahe wie homogen aus. Da die Giftrinne von aussen herein zum Kanal sich umwandelt, so wird dadurch diese Rindenschicht zur inneren oder auskleidenden Lage des Giftkanals [3]) und zur Ausfüllungsmasse an der Verwachsungsstelle der Ränder der Rinne; was man Alles an Querschnitten durch den ganzen Zahn schön ins Auge fassen kann [4]). Es ist daher unrichtig, wenn es bei Smith [5]) heisst, die Giftröhre sei nicht von Schmelz überzogen, sondern dieselbe fülle nur den Schlitz aus; denn will man die Rindenschicht des Zahnbeins »Schmelz« nennen, so muss man nothwendig weiter sagen, dass die Giftröhre von Schmelz ausgekleidet ist.

Der Zahnspitze kommt auch die gelbliche Färbung zu, welche die undurchbohrten Zähne an sich haben. Ebenso findet sich als äusserste Grenze der Zahnsubstanz eine Cuticula oder ein zartes,

---

1) Vergl. z. B. Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7.

2) Vergl. z. B. Fig. 3, Fig. 11.

3) Fig. 5.

4) In der oben angezogenen englischen Odontography, welche auf Pl. 65 A zwei sehr schöne Abbildungen des Giftzahns einer exotischen Schlange, von der Hand des aus Bayern stammenden naturhistorischen Zeichners Dinkel enthält, wird die obige Schicht »cement« genannt. Diesen Vergleich halte ich für unzulässig; will man die fragliche Lage nach ihrem Vorkommen an der Zahnkrone und wegen des histologischen Verhaltens nicht »Rindenschicht« schlechthin nennen, so kann sie nur «Schmelz« heissen.

5) A. a. O.

homogenes Häutchen. Man gelangt am besten zur Ansicht desselben an Zähnen, die durch Liegen in einer Säure erweicht wurden. Die Zahnsubstanz, indem sie dadurch aufquillt, bringt gedachten Ueberzug zum Platzen und es hängen jetzt die auseinandergerissenen Stücke um die Zahnspitze herum [1]). Nach rückwärts sind die Fetzen von sehr zarter Natur und lösen sich auch weniger leicht ab.

c. Weichtheile.

Der Giftzahn sitzt, wenn er einmal mit dem Oberkiefer verwachsen ist, über der Oeffnung eines Markraumes und die aus dem Zahn herausgezerrte Pulpa zeigt auch der Hauptmasse nach den Bau des Knochenmarkes. Man unterscheidet ausser den Blutgefässen ein zartes Fachwerk von Bindegewebe, dessen Räume dicht erfüllt sind mit fein granulären, hüllenlosen Zellen. Ueber die Nerven der Zahnpapille konnte ich bisher — ich habe nur das in Weingeist gelegene Thier von V. ammodytes auf diesen Punkt untersucht — nicht recht ins Klare gelangen. Doch meine ich immerhin Nervenfasern von sehr blasser Beschaffenheit in der Pulpa gesehen zu haben. (Mit Leichtigkeit überzeugt man sich davon, dass das um die Zahnwurzel herum befindliche Bindegewebe sehr nervenreich ist.)

Wer die Untersuchung des Zahns damit anfängt, dass er denselben bei durchgehendem Licht unter das Mikroskop bringt, wird inne werden, dass trotz der Durchsichtigkeit des ganzen Gebildes man beim Deutenwollen der mancherlei Linien auf nicht geringe Schwierigkeiten stösst. Es empfiehlt sich daher zuerst auffallendes Licht anzuwenden und dann überzugehen zur Anfertigung von Querschnitten. Hat man auf diese Weise Kenntniss von den Theilen gewonnen, dann gewährt es allerdings Vergnügen, den ganzen Zahn bei Beleuchtung von unten zu betrachten; man versteht jetzt z. B. warum ein Theil der Blutgefässe seitwärts weit über den Giftkanal herübergreifen kann [2]). Die Pulpahöhle liegt ja nicht mit einfach rundlichem Querschnitt hinter dem Giftkanal, wie solches nach der Zeichnung bei Fontana der Fall wäre, sondern sie um-

---

1) Siehe Fig. 7.

2) Fig. 3, Fig. 4.

schliesst halbmondförmig den Giftkanal. Man sieht ferner recht schön, wie die Pulpahöhle nach vorn zu sehr schmal wird, so dass blos eine einzige Gefässschlinge darin Platz hat; während in dem hinteren weiteren Abschnitt, ausser dem zu- und ableitenden, zu unterst liegenden Hauptgefässe, eine reiche Entfaltung von Blutcapillaren seitwärts sich verbreitet.

3. Entwickelung.

Ueber den Vorgang der Entwickelung haben die Arbeiten früherer Beobachter so viel aufgedeckt, dass wir wissen, der einzelne Zahn entstehe für sich in einem Säckchen oder Capsel, die man auch wohl gern einem Ei verglichen hat; dann dieser Balg oder dieses „Ei" hänge durch einen „markigen" Stiel, mit der Schleimhaut der Mundhöhle beweglich zusammen.

Die beste und eingehendste Arbeit über die Bildung der Giftzähne der Vipern scheint eine vor längerer Zeit von Rosa veröffentlichte Abhandlung zu sein, welche den Titel führt: Sulla dentizione di molti animali. Ich habe mir leider dieselbe nicht verschaffen können und glaube zu bemerken, dass es Andern, die sich um die Schrift ebenfalls bemühten, nicht besser ergangen ist. Der einzige mir bekannt gewordene deutsche Anatom, der sie wirklich vor Augen gehabt haben muss, ist Meckel gewesen. In seiner Uebersetzung des Cuvier'schen Werks über vergleichende Anatomie [1]) führt er die Abhandlung des italienischen Beobachters, der, so viel ich weiss, an der Universität Pavia gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wirkte, an, nennt sie »sehr interessant und genau« und giebt glücklicherweise einen Auszug aus derselben. Meckel citirt: Brugnatelli, giornale fisico-medico, T. I, p. 119, — was ein Schreib- oder Druckfehler sein muss. An der angezogenen Stelle der bezeichneten Zeitschrift findet sich nämlich die Arbeit keinesfalls, aber sie ist auch nicht in den andern auf hiesiger Bibliothek stehenden Bänden (Jahrgänge 1792, 1793, 1794) vorhanden. Bibron [2]) und Duméril in ihrer Erpétologie générale haben wohl auch vergeblich nachgeschlagen, denn sie wissen das Jahr des Erscheinens nicht

1) Theil III. Leipzig 1810. S. 126.
2) T. VI, p. 229.

anzugeben und sagen obendrein: Rosa, Sur la reproduction des crochets à venin, cité par Meckel dans la traduction de l'Anatomie comparée de Cuvier en allemand, T. III, p. 126. Auch in der zweiten Ausgabe der Cuvier'schen vergleichenden Anatomie durch Duvernoy [1]), da wo die Giftzähne der Schlangen abgehandelt werden, sieht man sich umsonst nach Rosa's Schrift um. Joh. Müller in seiner Physiologie [2]) kennt unseren Autor nur aus der Meckel'schen Uebersetzung. Dass Wagler, welcher den Zähnen der Reptilien ein besonderes Studium gewidmet hat, ebenfalls nur wörtlich giebt, was die Meckel'sche Uebersetzung bringt, obschon er nicht unterlässt hervorzuheben, dass Rosa's Arbeit die »vollständigsten Bemerkungen« über unseren Gegenstand enthält, scheint mir zu verrathen, dass auch er das Original nicht zu finden im Stande war [3]).

Ich habe mir erlaubt dieses Alles hier umständlich auseinanderzusetzen, um vielleicht einen Fachgenossen, der über die verschollene und doch wohl wichtige Arbeit Rosa's Bescheid weiss, zu veranlassen, dass er die Stelle, wo die Abhandlung zu finden ist, gefälligst bezeichne.

Die jüngsten und jüngeren Giftzähne [4]), welche ich unter dem Mikroskop hatte, verhalten sich, so lange noch nichts von der Rinne aufgetreten ist, wie die gleichalterigen undurchbohrten Zähne. Man unterscheidet die Papille, deren stielartige Verlängerung nach unten Rosa die »markige Verlängerung oder Wurzel« heisst und da er überdies das Zahnsäckchen Ei nennt [5]), so gelangt er dazu die Papille einem »wahren Nabelstrang« zu vergleichen. Dass in die Papille Blutgefässe treten, lässt sich schon an den jünsten Zähnen

---

1) T. IV, 1835.

2) Band I, S. 388.

3) Natürliches System der Amphibien 1830, S. 214. (Neun Zeilen, in Klammern stehend mit zwei ganz kleinen Holzschnitten, beziehen sich auf Waglers eigene Untersuchungen und sind in die Meckel'sche Uebersetzung eingeschoben!)

4) Vergl. Fig. 8, Fig. 9. Fig. 10.

5) Dem Zahnsäckchen die Bezeichnung »Ei« zu geben, ist auch noch später vielfach Gebrauch gewesen, wie man denn bis zur Stunde den Ausdruck »Zahn-Embryo« anwenden sieht.

erkennen. Die Papillen liegen am Boden der gemeinsamen Tasche niedergedrückt, fast wagerecht, etwa wie Schuppen.

Das Gewebe nun, welches das Zahnbein liefert, ist das die Spitze der Papille überdeckende Epithel. Es scheidet sich dasselbe in eine hellere obere oder Plattenschicht, deren Lagen sich so dicht folgen, dass dieser Theil des Epithels wie feinstreifig sich ausnimmt [1]). Darunter kommt die aus cylindrischen Elementen bestehende feinkörnige Lage und diese ist es, welche das Zahnbein entstehen lässt [2]).

Der nähere Vorgang ist der, dass vor Allem der bezeichnete Theil des Epithels sich in zwei Blätter sondert, wodurch ein schmaler Raum zwischen beiden sich aufthut [3]), der aber nach rückwärts so endet, dass die Zellen, welche den Raum oder die Spalte von oben und die, welche ihn von unten begrenzen, hinter- oder abwärts ohne Unterbrechung in einander übergehen [4]). Da in den Raum hinein die Abscheidung des Zahnbeins erfolgt, so wird hier das »Zahnsäckchen« mit völligem Ausschluss anderer Gewebstheile lediglich vom Epithel gebildet.

Der Zahn tritt nun als dünnes Käppchen [5]) einer harten kalkigen Masse in dem bezeichneten Hohlraum auf. Da der hintere Rand des Käppchens sich noch in ein homogenes helles, nicht verkalktes Häutchen auszieht, so darf angenommen werden, dass immer erst die Abscheidung weicher Lagen einer organischen Substanz vorausgeht, welche sich dann mit Kalk verbinden. Schon sehr frühe, so wie eben nur das Zahnkäppchen erscheint, sind jene Epithelzellen, welche den Raum des »Zahnsäckchens« von unten begrenzen, oder anders gefasst, die Spitze der »Zahnpapille« besetzen, etwas verlängert [6]). Diese Zellen liefern nämlich durch ihre Ausläufer die Röhrchen des Zahnbeins.

In weiter vorgeschrittenen Zähnen sind verschiedene Theile in die Länge und Dicke gewachsen. Die Zahnsubstanz hat ihre Lagen an der Spitze vermehrt und sich nach hinten ausgedehnt. Durch

---

1) Z. B. auf Fig. 10, a.
2) Fig. 10, b.
3) Fig. 8, c.
4) Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10, e.
5) Fig. 9, c; Fig. 10, c.
6) Vergl. Fig. 9.

das Letztere erfolgt jetzt eine Abschnürung der beiden bisher auch nach hinten in ununterbrochenem Zusammenhang gewesenen, aus Cylinderzellen bestehenden Epithellagen. Das Zustandekommen dieser Trennungslinie hat man sich wohl so vorzustellen, dass die letzte Cylinderzelle, bis zu welcher das Zahnbein sich ausdehnen soll, nicht blos an ihrem Ende — wenn man will Kopf — die Cuticula abscheidet, sondern auch an einem Theil ihrer Seitenfläche.

Eigens erwähnt zu werden verdient, dass das Zahnbein der früheren Stadien, und nachdem es auch den Anflug von Gelbbraun erhalten, eine gewisse Selbstständigkeit während des ganzen Lebens des Zahns an den Tag legt. Es hebt sich immer mit scharfer Grenze ab, lässt sich vom übrigen oder später gebildeten Zahnbein leicht wegsprengen, macht sich auch an Zähnen, welche in Säuren erweicht wurden, nicht minder als besondere Lage bemerklich; ist nur von ganz feinen Canälchen durchbrochen, daher von fast homogener Beschaffenheit — kurz stellt eben bleibend eine Rindenschicht vor, welche die Stelle eines wirklichen, aus »Prismen« bestehenden Schmelzes vertritt. — Die Muschelschalen und der Schmelz des Zahns haben, was unten noch einmal zur Sprache kommen wird, gewisse gemeinsame Züge in der Entwicklung und daher mag hier angeführt sein, dass nach Kobelt und Heynemann bei den kleinsten im Main aufgefundenen Flussmuscheln die erste oder Embryonalschale, leicht kenntlich an den von mir [1]) zuerst nachgewiesenen Porenkanälen, als feines Hütchen dem Wirbel noch längere Zeit aufsitzt, bis sie endlich abgerieben wird [2]).

Da die Zahnsubstanz zwischen zwei Lagen von Zellen, welche ursprünglich gleicher Art sind, in die Erscheinung tritt, so wird man sich fragen dürfen: ob beide der Zellenlagen und in welcher Weise, sich hierbei betheiligen. Bezüglich der unteren, das heisst derjenigen, welche die Pulpa bedeckt, springt klar in die Augen, dass sie die Hauptmasse des Zahns liefert. Ihre Zellen, schon sehr bald sich in die Länge streckend, wachsen nach und nach in lange Fäden aus, welche zu den Zahnkanälchen werden [3]).

---

1) Histologie S. 108.

2) Vergl. Noll, Unsere Flussmuscheln (Najaden). Ihre Entwicklung und ihre Beziehungen zur übrigen Thierwelt. Bericht über die Senkenbergische naturforschende Gesellschaft 1869—1870.

3) Fig. 10, d.

Auch die Grundsubstanz des Zahnbeins von einer Thätigkeit dergleichen Zellen abzuleiten, darf desshalb geschehen, weil auch bei der Erzeugung anderer Cuticularbildungen mit Porenkanälen beides durch die Leistungen einer und derselben Zellenlage in's Werk gesetzt wird.

Wenn man auch den oberen Lagen von Zellen einen etwelchen Antheil zuschreiben will, so liesse sich dieses vielleicht damit rechtfertigen, dass am fortgewachsenen Zahn das Epithel an dessen Spitze merklich dünner geworden ist, als es früher war; doch könnte man diese Veränderung auch auf einfach mechanischem Wege geschehen sein lassen. Eine Nöthigung die äusserste hautartige Lage von dem oberen Epithel abzuleiten, liegt nicht vor; vielmehr spricht Alles dafür, dass dieselbe eigentlich nur die zuerst gebildete Cuticularschicht ist, an welche sich die anderen anlagern, während sie selbst immer nach aussen vorrückend, eine besondere Härtung erfährt und auch am meisten ins Gelbbraune sich färbt.

Sobald nun der Zahn soweit gediehen ist, dass sich an das ursprüngliche Käppchen noch eine etwa gleich dicke weitere Schicht von Zahnbein angefügt hat, so tritt die Giftrinne auf, und zwar in der schon von Andern beobachteten Weise, dadurch, dass sich die Ränder des Zahns heraufbiegen. Man sieht diese Rinne [1]) sehr deutlich an ganz jungen noch gerade gestreckten Zähnen; an jenen, welche schon an Länge so zugenommen haben, dass sie sich krümmen, erscheinen die Ränder der Rinne bereits in der Mitte zum Canal geschlossen. Zähne aus dieser Zeit, wohl gereinigt und aufgehellt, zeigen bei durchgehendem Licht, da jetzt die Wände zweier Kanäle: des Giftkanals und der gewöhnlichen Zahnhöhle, sich abheben und obendrein die Naht des Giftkanals als breiter, heller, mittlerer Streifen sich hinzugesellt, ein von zahlreichen Linien durchzogenes Bild, was nur derjenige ohne Mühe entziffern wird, welcher bereits vorher den fertigen Zahn bei auffallendem Licht in nähere Untersuchung gezogen hat.

4. Vergleichende Bemerkungen.

»Die Dinge in der Natur sind sich viel ähnlicher als sie verschieden sind«. Zur Bekräftigung der Richtigkeit dieses Satzes können vielleicht auch die im Voranstehenden aufgeführten Beobachtungen

1) Fig. 11.

beitragen. Durch meine früheren Arbeiten ist zuerst [1]) dargethan worden, dass die mancherlei Zähne niederer Thiere, welche bald als Hornzähne, bald als Knorpelzähne u. dergl. angesprochen wurden, zu den Cuticularbildungen gehören. Die Zähne der Wirbelthiere wären aber nach dem bisherigen Stand unserer Kenntnisse, wenigstens was ihren Haupttheil, das Elfenbein oder Dentin, anbetrifft, Verkalkungen der bindegewebigen Zahnpapillen. Meine gegenwärtigen Untersuchungen leiten zu der Ansicht hin, dass auch das Dentin bei Amphibien und Reptilien Cuticularbildung sei.

Die Entstehung des Zahnbeins geht nach meinem Dafürhalten in jener gleichen Weise vor sich, wie ich sie bei gewissen Cuticularbildungen, welche von Zellen mit viel zarteren Fortsätzen stammen, zuerst erkannt habe. Ich darf hier wohl erinnern an die Auseinandersetzungen, welche ich im Jahre 1864 über die Entstehung der Porenkanäle des Cuticulargewebes überhaupt gab [2]); ferner an meine Nachweise über die Herkunft der Porenkanäle am Chorion des Insecteneies [3]), woran sich die Beobachtungen Waldeyer's über die Zona radiata des Eies der Vögel und Reptilien schliessen [4]). Indem nun bei Entstehung des Zahnbeins die Zellen des Epithels in lange Fortsätze auswachsen und dazwischen eine Grundsubstanz in zahlreichen Schichten sich absetzt, so wiederholt nach meiner Ansicht dieser Vorgang in grossen Zügen das, was man z. B. an der Schale des Insecteneies im Kleinen sieht.

Die Epithellage, welche das Zahnbein abscheidet, ist hier bei Amphibien und Reptilien ein Theil des Mundepithels. Bei den Säugethieren ist solches aber nach den neuesten, über die Entstehung des Zahns vorliegenden Arbeiten keineswegs der Fall. Dort wären nur die Zellen, welche den Schmelz liefern, eine Sprossenbildung vom Epithel der Mundschleimhaut her; die Zellen hingegen, durch deren Auswachsen und abscheidende Thätigkeit das Zahnbein zu

---

1) Vergl. die Zusammenstellung u. den literarischen Nachweis meiner Beobachtungen in meinem Buche: Vom Bau des thierischen Körpers. Tübingen bei Laupp, 1864, S. 38 u. f.

2) Vom Bau d. thierischen Körpers, S. 35.

3) Eierstock und Samentasche der Insecten, Nov. act. acad. Leopold. Carol. 1866, S. 14, Taf. II, Fig. 14.

4) Eierstock und Ei. Leipzig, 1870, S. 70. Der Zona radiata gedenke ich ebenfalls vom Ei der Lacerta u. Anguis. (Die in Deutschland lebenden Saurier. Tübingen 1872, S. 132.)

Stande kommt, seien zwar auch echte Epithelzellen, aber ohne dass sie je im Zusammenhang mit dem Epithel der Mundschleimhaut gestanden wären; sie seien vielmehr eine Umbildung der Bindegewebszellen der Zahnpapillen.

Kollmann z. B. sagt, die Zahnpulpe bestehe in der frühesten Zeit aus embryonalen Bindegewebszellen, ohne Spur einer epithelialen Begrenzung; später entwickele sich auf der Papille eine Epithelschicht, die in der Tiefe mit dem Pulpagewebe im Zusammenhang bleibe durch zahlreiche Verbindungen [1]. — Dasselbe Ergebniss liegt in den Angaben Waldeyer's: der Dentinkeim sei nur eine besondere sehr zellen- und gefässreiche Abtheilung des Schleimgewebes; nachdem derselbe eine gewisse Grösse erreicht habe, bilden sich die an der Peripherie gelegenen Zellen zu dem Epithel der Zahnpapille aus, es stehe aber jede dieser Zellen nach unten mit den tiefer gelegenen jüngeren, bindegewebigen Elementen der Pulpe im Zusammenhang [2].

Bei der Uebereinstimmung, welche über diesen Punkt zwei so genaue Beobachter an den Tag legen, wird sich die Sache auch wohl in der angegebenen Weise verhalten. Doch kann ich nicht umhin, eine histologische Beschreibung der Zahnpulpe, welche fast in Vergessenheit gerathen ist — auch Waldeyer in seiner Aufzählung der Literatur über diesen Gegenstand schweigt davon — in Erinnerung zu bringen.

Reichert, indem er über die Arbeiten in der mikroskopischen Anatomie aus dem Jahre 1842 berichtet [3], hebt hervor, dass man nach der Entdeckung der elementaren Zelle den Vorgang der Zahnbildung nicht mehr, wie es dazumal noch häufig geschah, als ein allmähliges Ausschwitzen einer formlosen Bildungsmasse, die dann zum Elfenbein ossificire, aufzufassen habe. Ein Wachsthum durch Juxtaposition heisse hier vielmehr die fortdauernde Bildung und das Wachsthum eines Gebildes und einer Zellenmasse, die von einem gefässreichen Theile, von der sogenannten Matrix ernährt und zu einer Function befähigt werde. Dies sei aber in der That die Art

---

1) Entwickelung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie. 1870.

2) Bau und Entwickelung der Zähne in Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen u. der Thiere 1871.

3) Archiv f. Anat. nnd Physiologie, Jahrg. 1843, p. CCXXXVI.

und Weise der Bildung und das Wachsthum der Elfenbeinsubstanz. Hierauf heisst es wörtlich: »Referent unterscheidet an dem Zahnkeim, ganz so wie an dem Keime des Haares oder des Nagels, eine gefäss- und nervenhaltige Partie, die eigentliche sogenannte Matrix und eine gefässlose Zellenschicht, welche die erstere von aussen umkleidet. Das Gewebe des gefässreichen Theiles besteht beim Schweine-Foetus aus einer gallertigen Grundmasse von der Natur der gallertigen Substanz des Nabelstranges und mancher Eihäute, in welchen Zellen, die nach zwei und mehreren Richtungen, wie die Pigmentzellen in Fasern auslaufen, von einer gallertigen Intercellularsubstanz ohne alle Schichtung getrennt liegen. In dieser Grundmasse verbreiten sich die Nerven und zahlreichen Gefässe. Die auf der Oberfläche dieses gefässreichen Theiles gelagerte Schicht elementarer Zellen verwandelt sich nach aussen hin allmählich in Fasern, die in der Nähe des schon erhärteten Elfenbeins durchaus die Beschaffenheit der Zahnröhrchen desselben offenbaren, aber noch weich sind. Diese Zellen sind also gänzlich verschieden von den Zellen der Grundmasse des gefässreichen Theiles des Zahnkeimes, scheiden sich durch eine sichtbare Grenze von ihnen und von einer Verwandlung der letzteren in die ersteren und dann in die Elfenbeinsubstanz ist nicht die geringste Spur vorhanden, kann auch gar nicht die Rede sein. Wohl aber ist es begreiflich, wie man zu einer solchen Annahme leicht gelangen kann, da mit der Vergrösserung des Zahnes und seiner Bildung aus der oberflächlichen Zellenschicht auf der Matrix gleichzeitig bei denjenigen Zähnen, die nicht fortwachsen, die Matrix selbst an Umfang und Bedeutung abnimmt.“

Anders spricht sich etwa zehn Jahre darnach Kölliker [1]) über diese Frage aus. Er vergleicht zwar auch den gefässlosen äusseren Theil des Zahnkeimes einem Cylinderepithel, aber die Zellen desselben „sind nach innen nicht so scharf begrenzt, wie ein solches, sondern gehen, wie es wenigstens den Anschein hat, durch kleinere Zellen allmälig in das Parenchym derselben über.“ Die der Beschreibung beigegebene Abbildung [2]) lehrt übrigens, dass wenigstens dem Auge des Zeichners die Zellen des Cylinderepithels

1) Mikroskop. Anatomie. Zweiter Band, zweite Hälfte, 1. Abth. 1852.
2) a. a. O. Fig. 210.

von der übrigen Substanz der Pulpe sich mit scharfer Grenze abhoben.

Möge es den Beobachtern, welche von jetzt an neue Untersuchungen über die Entwickelung des Zahnes der Säuger ausführen, gefallen, gerade auf diese offenbar nicht ganz aufgehellte Sache ihre besondere Aufmerksamkeit zu richten. Es wäre möglich, dass denn doch dem Blicke der Histologen jenes Stadium und jene Sonderung, wodurch bei Amphibien und Reptilien die sog. Schleimschicht (Malpighi'sche Schicht) des Epithels in zwei Lagen sich spaltet, an den Säugethieren bisher entgangen sein könnte.

Was mich aber andererseits, ohne den Gegenstand selbst geprüft zu haben, abhalten muss, das bei den niederen Wirbelthieren Gesehene, sofort auf die Säugethiere überzutragen, ist einmal der Umstand, dass die Matrix von Cuticularbildungen continuirlich mit Bindegewebe zusammenhängen kann. Ich verweise in dieser Beziehung auf meine Beobachtungen an Rotatorien und Arthropoden, wovon ich an einem andern Orte [1]) eine Zusammenfassung des Thatsächlichen gegeben habe.

Zweitens ist für mich von Bedeutung, dass z. B. der Schalenpanzer der Arthropoden, also eine unbezweifelbare Cuticularbildung, mit dem festen Bindegewebe der Wirbelthiere die grösste Verwandtschaft hat [2]).

Nach diesen Erfahrungen wird es somit, was das fertige Zahnbein betrifft, beinahe gleichgültig, ob man sagt, dasselbe sei eine Cuticularbildung oder ein der Knochensubstanz entsprechendes Gewebe. Die von mir behauptete Zusammengehörigkeit der Cuticularbildungen und der festen geschichteten Bindesubstanzen wird auch dadurch von Neuem erhärtet, dass hier am Zahn der Amphibien und Reptilien das nach Art einer geschichteten Cuticula entstandene Zahnbein, versehen mit langen verästigten Porenkanälen, dennoch an der Wurzel mit echtem Knochengewebe später in Eines zusammenwächst.

Nicht ganz so liegen aber die Dinge, wenn wir fragen, von welchem Keimblatt des Embryo die Zahnsubstanzen ihren Ursprung herleiten. Denn wir sehen alsdann, dass nicht blos der Schmelz, sondern auch das Zahnbein ein Erzeugniss der Epidermis ist; der

1) Leydig, vom Bau des thierischen Körpers, Tübingen 1864. S. 40.
2) Vergl. die weitere Ausführung a. a. O. S. 40 ff.

ganze Zahn tritt sonach mit dem Haare in noch nähere morphologische Verwandtschaft, als solches bis jetzt bekannt war. Wenn z. B. Cuvier bemerkt, das Zahnbein ist eine Ausschwitzung oder ein Secret der Zahnpapille, welches sich mit Kalktheilchen beladet; oder wenn Heusinger, gestützt auf Untersuchungen Lavagna's, und dessen Meinung beistimmend, die Zähne gleich den Haaren und Federn zum Horngewebe rechnet, — es seien die Zähne dem Kreislauf des Körpers entrückte Theile, sie können abgeworfen und durch neue ersetzt werden — so kommt diese ältere Auffassung, wie ich dafür halte, der Wahrheit näher, als wenn wir die Verwandtschaft des Zahnbeins mit dem Knochengewebe vorzugsweise betonen. Das Wissen, welches wir gegenwärtig über die feineren Vorgänge bezüglich der Entwickelung haben, beeinträchtigt die ältere Darstellung, welche von Zellen und ihren Umbildungen nichts ahnte, keineswegs, sondern vervollständigt und vertieft nur die Erkenntniss.

Für Lavagna, dessen Arbeit [1]) ich nicht selbst eingesehen, waren es besonders die Erscheinungen der Reproduction, welche ihn bestimmten, das Zahnbein zum Horngewebe zu rechnen. Die mancherlei in der Abhandlung Kollmann's gesammelten und zum Theil höchst merkwürdigen Beobachtungen über Hyperdentition, Dentes proliferi und Dentes accessorii etc. werden uns physiologisch, wenn auch nur um einen kleinen Schritt verständlicher, sobald es uns gelingt, die Entwickelung des Zahnbeins auf die gleiche Wurzel, aus der das Haar kommt, zurückzuführen. — Doch müssen wir uns, da eben eine nicht wegzuläugnende Verwandtschaft zwischen Cuticularbildungen und dem Gewebe der festen Bindesubstanz besteht, immer wieder in's Gedächtniss zurückrufen, dass Hautknochen und Zahnbein stellvertretend für einander auftreten und in einander übergehen können. Die sog. Knochenkörner in der Haut der Selachier sind, wie ich gezeigt habe, in ihrem Bau dem Zahngewebe ähnlich [2]). Und dass auch die Wiedererzeugung der Hautknochen nicht ganz fehlt, dazu liefert das Hirschgeweih den Beleg, obschon im letzteren Falle allerdings die näheren Verhältnisse doch recht besonderer Art sind.

Während bezüglich des Zahnbeins die Meinungen, ob dasselbe

---

1) Siehe Heusinger's Histologie.

2) Beiträge z. mikroskop. Anat. d. Rochen u. Haie, 1852. u. Histologie 1857, S. 93.

mehr Aehnlichkeit mit dem Knochen oder mit Horngebilden habe, auch in früheren Zeiten, wie jetzt noch, hin und her schwankten, hatte sich im Hinblick auf die Natur des Schmelzes schon sehr bald bei vielen Anatomen eine der heutigen Auffassung entsprechende Ansicht dadurch festgesetzt, dass man den Schmelz mit den Muschelschalen zusammenstellte.

Soweit ich sehe, ist Swammerdamm [1]) als derjenige zu nennen, welcher zuerst die Verwandtschaft bemerkt hat. Nachdem er über die Entstehung der Schneckenschalen gehandelt und gezeigt, wie „Strahlen in eine allgemeine Schale oder Rinde zusammengehen und verharschen und mit der Zeit zusammenbacken", so sagt er: „Die äusserste Haut und Rinde der Zähne an Menschen und Thieren besteht gleichfalls aus einer unzähligen Menge dergleichen kleinen und zarten zusammengesetzten Fädchen, die ich an manchen Zähnen so hart und glatt als einen Stein befunden habe." Und nun theilt er weiter mit, dass man an den Schalen der Muscheln „dieselben Fädenchen" beobachten könne, woraus erhelle, „dass auch die Muschel auf die besagte Weise an und zusammenwachse." — In unseren Tagen hat alsdann Carpenter [2]), welcher die mikroskopische Beschaffenheit der Muschelschalen genauen Untersuchungen unterwarf, die „prismatisch-zellige Schicht" der Schalen mit dem Zahnschmelz verglichen. Ich selbst bin ebenfalls, indem ich die einheimischen Arten der Muscheln (Unio, Anodonta, Cyclas) studirte, in die gleiche Betrachtungsweise eingegangen [3]). Seitdem mir nun bekannt ist, dass bei Amphibien und Reptilien selbst das Zahnbein in die Cuticularbildungen gereiht werden darf, möchte ich beinahe den Vergleich des Zahnes mit der Muschelschale noch weiter ausdehnen. An der Muschel — ich bitte den von mir gelieferten Schnitt [4]) durch die Schale von Anodonta in's Auge zu fassen — kommt unterhalb einer Cuticula, vielleicht gleichwerthig dem Schmelzoberhäutchen, die dem Schmelz selbst entsprechende Säulenschicht, dann eine ebenfalls dicke aus zahlreichen Blättern bestehende Schicht.

---

1) Bibel der Natur. Uebersetzg. Leipzig 1752, S. 63.

2) Ich citire, da mir die Originalmittheilungen von der Royal Society nicht zur Hand sind, den Jahresbericht zum Archiv für Anat. und Physiologie, 1844, S. 214.

3) Histologie, S. 108.

4) Histologie, S. 109.

In dieser sog. Perlmutterschicht wäre ich geneigt, ein etwelches Homologon des ja ebenfalls blättrigen, aus lauter tutenförmig in einander steckenden Schichten des Zahnbeins zu erblicken.

Der Hauptunterschied, der somit im Bau zwischen den Zähnen der Amphibien und Reptilien gegenüber von jenen der Säugethiere herrscht, besteht in der Anwesenheit eines echten Schmelzes bei letzteren, und dem Mangel eines solchen bei ersteren. Dass dieser Unterschied zusammenhängt mit der Umbildung einer Partie des den Zahn abscheidenden Epithels zu dem „Schmelzorgan", wie wir es bei Säugethieren finden, aber bei den niederen Wirbelthieren vermissen, liegt auf der Hand.

Das sog. Gallertgewebe, welches einen wesentlichen Theil des Schmelzorgans der Säugethiere bildet, habe ich zwar seit langen Jahren nicht mehr unter dem Mikroskop gehabt, möchte aber bezüglich der Umwandlung der ursprünglich runden Zellen des Stratum Malpighii in die „sternförmigen Zellen mit schleimig-albuminöser Flüssigkeit" mir erlauben, an dieser Stelle die Vermuthung auszusprechen, dass es sich wahrscheinlich nicht um Zellen und Intercellularsubstanz handelt, sondern um Zellen, deren Protoplasma zu einem grossen die Zelle ganz einnehmenden Gallertklumpen sich umgesetzt hat. Ich denke mir, es verhalte sich mit dem fraglichen Gewebe des Schmelzorgans in ähnlicher Weise, wie mit einer zelligen Form des Bindegewebes, welche bei Weichthieren, Arthropoden, Würmern und anderen niederen Formen eine grosse Rolle spielt und zur gleichen Täuschung Veranlassung geben kann. Während ich bei Weichthieren zuerst dasselbe nach seinem histologischen Bau darlegte, verkannte ich seine Structur an den höheren Krebsen, indem ich es aus verästigten Zellen mit dazwischen gelagerter Gallerte bestehen liess. Später aber sah ich meinen Irrthum ein und zeigte im Einzelnen, woher es komme, dass man strahlige Bindegewebskörperchen und lacunale Zwischenräume in täuschend ähnlichem Bild vor sich habe [1]). Zugleich führte ich aus, wie die Zellen dieser Art durch ihre mannigfachen Abscheidungen den Rang von Drüsenzellen beanspruchen können.

Und so mag auch die Gallerte im Schmelzorgan Zelleninhalt sein, oder näher bezeichnet, ein Product der Abscheidung von Seite

1) Leydig, Vom Bau des thierischen Körpers Tüb. 1861, S. 30. ff., vergl. auch S. 24 über das »Secretbläschen«.

des Protoplasma in's Innere der Zellen. Ein Stoff, der dann als Material zum Aufbau des Schmelzes von Wichtigkeit ist, und dessen Mangel im Zahnsäckchen der niederen Wirbelthiere das Fehlen des Schmelzes veranlasst. — Selbst bei den Krokodilen, deren Zähne nach ihrer Einpflanzung in die Kiefer mehr als bei andern Reptilien eine gewisse Hinneigung zu den Säugethieren offenbaren, ja deren Zahnsäckchen selbst, wie den Mittheilungen Rathke's zu entnehmen sein dürfte und wovon schon oben die Rede war, eine bindegewebige Abgrenzung besitzen, mangelt doch die Umwandlung der Epithelzellen in dies „Gallertgewebe": denn Rathke [1]) spricht blos von „kernhaltigen, elementaren Zellen", welche die Substanz des Organon adamantinae zusammensetzen.

1) Untersuchungen über d. Bau u. d. Entwickelung der Krokodile. Braunschweig 1866, S. 113.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. I.

Die Figuren 1 bis 11 beziehen sich auf die Zähne der Vipera ammodytes.

Fig. 1. Endspitze des Giftzahns von oben, gering vergrössert und bei auffallendem Licht. Man sieht die schlitzförmige Oeffnung des Giftkanals und seine Ausdehnung bis nahe zur Spitze des Zahns.

Fig. 2. Hinteres Ende desselben Zahns und unter den gleichen Verhältnissen; es zeigt sich der Eingang zum Giftkanal nach Form und Grösse.

Fig. 3. Vorderer Abschnitt des Giftzahns durch Essigsäure und Glycerin aufgehellt und etwas gequollen; bei durchgehendem Licht und im theilweise optischen Längsschnitt. Mässige Vergrösserung.
a. Zahnbein,
b. Pulpahöhle mit den Blutgefässen,
c. Giftkanal.

Fig. 4. Hinterer Abschnitt desselben Zahns und unter den gleichen Verhältnissen. Auch die Buchstaben a, b, c haben die gleiche Bedeutung wie in der vorhergehenden Figur.

Fig. 5. Querdurchschnitt des Giftzahns, etwa aus seiner Mitte. Mässige Vergrösserung.
a. Giftkanal,
b. Pulpahöhle mit Blutgefässen.

Fig. 6. Querdurchschnitt des Giftzahns aus der Nähe des vorderen Endes. Mässige Vergrösserung.
a. Giftkanal, jetzt Rinne,
b. Pulpahöhle.

Fig. 7. Spitze des Zahns, in Essigsäure gequollen. Stärkere Vergrösserung.
a. die Bruchstücke des durch die Quellung des Zahnbeins zum Platzen gebrachten, homogenen Oberhäutchens.

Fig. 8. Erste Anlage des Zahns. Starke Vergrösserung.
a. Papille, bindegewebig,
b. Schleimschicht des Epithels, in zwei Blätter auseinandergegangen, so dass
c. ein mittlerer Hohlraum sich aufthut, in den hinein die Zahnsubstanz abgeschieden wird.

Fig. 9. Ein weiterer Grad der Entwickelung des Zahns. Starke Vergrösserung und von unten gesehen.
a. Papille, an dieser Stelle die umhüllenden Zellen weggelassen,
b. die zwei Lagen der Schleimschicht des Epithels,
c. abgesondertes Zahnbein.

Fig. 10. Noch weiter vorgerückter Zahn, unter gleicher Vergrösserung und von oben.
a. Hornschicht des Epithels,
b. äussere Lage der Schleimschicht,
c. Zahnsubstanz,
d. innere Lage der Schleimschicht (Elfenbeinzellen),
e. noch ununterbrochener Zusammenhang der äusseren und inneren Lage der Schleimschicht,
f. Papille mit Blutgefässen.

Fig. 11. Junger Zahn, rein ausgeschält,
a. Sog. Schmelz,
b. Zahnbein,
c. erste Bildung des Giftkanals.

Fig. 12. Zwei Querreihen der Zähne vom Gaumenbogen der Ringelnatter (Tropidonotus natrix).

Fig. 13. Falte am Unterkiefer von Vipera berus, Var. prester, bei durchgehendem Licht und gering vergrössert, um die becherförmigen Sinnesorgane zu zeigen.

Fig. 14. Ein einzelnes dieser Organe bei stärkerer Vergrösserung, nach Behandlung mit doppelt chromsaurem Kali. Aus der Mündung ragt ein Büschel von Stäbchen hervor.

Tübingen, Mitte Mai 1872.

Ueber das Verhältniss von Nerve und Muskel.

Von

P. Tergast, Cand. med. in Göttingen.

Hierzu Tafel II.

Anatomie und Physiologie sind in gleicher Weise an der Lösung der Frage interessirt, wie sich der eintretende Nervenstamm zum ganzen Muskel verhält, und doch sind die darüber vorliegenden Arbeiten äusserst spärlich. Meist findet man die Beobachtungen mehr zufällig, gelegentlich anderer Untersuchungen gemacht. Es erklärt sich dies leicht durch das Verlangen, Klarheit über die letzten Endigungen des motorischen Nerven, den Zusammenhang mit der Muskelfaser selbst zu verbreiten, ohne sich um weiter Zurückliegendes zu bekümmern. Da nun aber auch dies letztere nicht ohne Wichtigkeit zu sein schien, so wurden die hier mitgetheilten Untersuchungen gemacht, die mit Hilfe einer exacten Methode vollkommen sichere Resultate ergaben.

Eigentlich die einzige Abhandlung, welche das Verhältniss zwischen Nerv und Muskel zum Gegenstande hat, ist die von Reichert[1]), der den Brusthautmuskel des Frosches studirte und zu dem merkwürdigen Resultate kam, dass in diesem aus 160 Fasern bestehenden Muskel nur 6—7 Nervenröhren treten, die dann innerhalb des Muskels selbst, durch Theilung in die erforderliche Anzahl von Zweigen zerfallen. Durch die gelegentlichen Bemerkungen späterer Autoren bildete sich dann allmälig die Ansicht heraus,

1) Müller's Archiv, 1851.

wie sie z. B. Kühne[1]) und Frey[2]) aussprechen, dass mit der Höhe der Organisation der verschiedenen Wirbelthiere die Zahl der in den Muskel eintretenden Nerven zunehme.

Eine Prüfung dieser Angaben musste nun die Aufmerksamkeit zuerst auf die Augenmuskeln lenken, welche allein in der ganzen Wirbelthierreihe ein constantes Verhältniss bieten sollten (Kühne l. c.).

Die bei Untersuchung derselben eingeschlagene Methode, welche nur absolut sichere Resultate ergeben konnte, war die, durch Zählung von Querschnitten des Muskels sowohl, wie des Nerven in Ziffern ausdrückbare Werthe zu bekommen. Zu diesem Behuf musste jedoch erst die wichtige Vorfrage erledigt werden, ob die Fibrillenbündel den ganzen Muskel durchlaufen, oder ob sie nur einen Theil desselben durchsetzen; nur wenn ersteres der Fall war, was nach Krause's Angaben[3]) wahrscheinlich sein musste, genügte ein einfacher Querschnitt in der Mitte des Muskels, um genau die Zahl der in ihm enthaltenen Fasern eruiren zu können. Kühne[4]) hat nach Budge's Vorgang ein brauchbares Hülfsmittel zu Gebote gestellt, die Muskelfäden in isolirtem Zustand zu untersuchen, indem nach seiner Anweisung der Muskel in einem Gemisch von Crystallen des chlorsauren Kali und concentrirter Salpetersäure vollständig vergraben nach einiger Zeit so macerirt wird, dass die einzelnen Fibrillenbündel, besonders durch Schütteln in einem Probirröhrchen, ohne Verletzung auseinanderfallen.

Wirklich zeigte sich nun auch, dass an den Augenmuskeln von Schafen, die vorwiegend zur Untersuchung benutzt wurden, die Muskelfasern zum grössten Theil die Länge des ganzen Muskels einnehmen. Eine Anzahl derselben endete auch etwas früher, doch liess sich jedenfalls soviel mit voller Sicherheit bestimmen, dass ein Querschnitt, durch die Mitte des Muskels gelegt, sämmtliche Fasern enthalten muss. Es ergab sich nun aber der merkwürdige Umstand, dass ein solcher Querschnitt anscheinend sogar mehr Fa-

---

1) Handb. d. Lehre v. d. Geweben, von Stricker. Bd. I. 1868, p. 148.

2) Histologie, 3. Aufl. p. 321,

3) W. Krause: Motorische Endplatten. Hannover 1869.

4) Peripher. Endorgane d. mot. Nerven. Leipzig 1862.

sern enthält, als in Wirklichkeit vorhanden sind, indem diese sich nicht selten theilen [1]).

Es wäre nun natürlich zur richtigen Schlussfolgerung erforderlich, diese Pseudofasern nach ungefährer Schätzung von der Gesammtzahl der Fasern in Abzug zu bringen, doch habe ich geglaubt, davon Abstand nehmen zu können, einmal weil die Zahl der Abzweigungen, die auf einem solchen Querschnitte vorkommen, eine so minimale genannt werden muss, dass ihre Anwesenheit auf die Beziehungen der Gesammtzahl der Muskelfäden zu den Nervenröhren nicht den geringsten Einfluss auszuüben im Stande ist, und dann, weil ja diese Abzweigungen ebenfalls mit Nerven versorgt werden, und schon deshalb als selbständige Fasern betrachtet werden können.

Nachdem also erwiesen, dass ein Querschnitt genau durch die Mitte des Muskels geführt, einen fast vollständig richtigen Nachweis der in demselben enthaltenen Fasern geben muss, wende ich mich zu den Zahlenverhältnissen, die sich bei den Untersuchungen herausgestellt haben. Die zur Beobachtung verwendeten Muskeln wurden möglichst von dem äusserlich haftenden Fett und Bindegewebe rein präparirt und dann mit dem zugehörigen Nerven in absolutem Alkohol gehärtet. Zur schärferen Abgrenzung der Conturen der einzelnen Muskelfasern liess ich die Schnitte einige Zeit in Carmin sich färben und schritt erst dann zur eigentlichen Zählung. Dasselbe Verfahren wurde bei der Behandlung des Nerven eingeschlagen, und zwar wurde hier der Schnitt möglichst nahe an der Eintrittsstelle in den Muskel geführt. Selbstverständlich können hier unter dem eintretenden Nerven nur diejenigen Nervenröhren verstanden sein, welche sich ausschliesslich auf den betreffenden Muskel beschränken, nicht etwa auch solche Zweige, deren Wirkungskreise auch noch andere Organe zugehören.

Aus den verschiedenen Zählungen haben sich nun folgende Resultate ergeben:

Bei den Augenmuskeln des Schafes verhält sich die Anzahl der Nervenprimitivröhren zu den Muskelfasern wie folgt:

---

1) Näheres darüber s. im Anhang.

Nervenröhren, Muskelfasern.	Verhältniss.
Obliquus superior:	
2260 : 8080	$1 : 3^5/_9$
1972 : 10790	$1 : 5^1/_2$
2282 : 11520	$1 : 5^1/_{10}$
1098 : 6589	$1 : 6$
1756 : 15385	$1 : 8^1/_9$
1710 : 16758	$1 : 9^4/_5$
Obliquus inferior:	
2374 : 7620	$1 : 3^1/_4$
Rectus inferior:	
2002 : 14716	$1 : 7^1/_3$
Rectus medialis:	
2002 : 8705	$1 : 4^1/_{11}$
3045 : 18804	$1 : 6^1/_6$
3662 : 24010	$1 : 6^5/_9$
2091 : 23723	$1 : 11^1/_3$
1640 : 18860	$1 : 11^1/_2$
Rectus lateralis:	
1920 : 10624	$1 : 5^1/_2$
1839 : 18625	$1 : 10^1/_8$
1879 : 28185	$1 : 15$

Der Rectus sup. ist übergangen, weil der zugehörige Nerv sich nicht ausschliesslich auf diesen Muskel beschränkt, sondern auch einige Zweige zum Levator palp. sup. abschickt, ein zuverlässiges Ergebniss für ihn also nicht zu erzielen war. Für die übrigen Augenmuskeln geht aber aus den obigen Angaben hervor, dass wirklich eine verhältnissmässig sehr bedeutende Anzahl von Nervenfasern in sie eintritt, wenngleich mehr oder weniger geringe Zahlenschwankungen, die in den Bereich der individuellen Verschiedenheiten fallen, natürlich nicht fehlen. Auch scheint sich aus vorstehenden Zahlen zu ergeben, dass unter ihnen der Obl. sup. und inf. am günstigsten situirt erscheinen, während umgekehrt bei dem Rect. lat. die wenigsten Nervenfasern vorhanden sind. Berechnet man aus den einzelnen Ziffern der Tabelle für jeden Muskel das Mittel, so ergeben sich auf eine Nervenröhre:

Für den Obl. inf. 3—4 Muskelfasern.
„ Obl. sup. 6—7 „
„ Rect. inf. 7—8 „
„ Rect. med. 8 „
„ Rect. lat. 10 „

Der Rect. med. also neigt sich schon mehr auf die Seite des Rect. lat., dagegen hält der Rect. inf. die Mitte zwischen sämmtlichen Augenmuskeln.

Dieselben Schlüsse finden zum Theil auch auf die an menschlichen Augen gemachten Beobachtungen ihre Anwendung. Auch hier überwog die Zahl der Muskelfasern beim Rect. lat. die der Nervenprimitivröhren am meisten, so dass die letzteren zu den ersteren sich verhalten wie 3610 : 11965 (= 1 : $3^1/_4$), während der Rect. inf. das Verhältniss von 5206 Nerven zu 10351 M. (= 1 : 2) aufwies, und beim Rect. med. gar auf eine Nervenfaser noch keine zwei Muskelfasern kamen, indem sich hier 3300 Nervenröhren auf 5580 Muskelfäden vertheilten (= 1 : $1^{38}/_{55}$).

Bei einer Durchschnittsberechnung würden somit in einem Augenmuskel des Schafes im Mittel etwa 6—7 Muskelfasern auf eine Nervenprimitivröhre zu rechnen sein, während beim Menschen insofern aus den vorliegenden geringen Daten ein allgemein gültiger Schluss gezogen werden darf, ein noch weit überraschenderes Verhältniss zu Tage tritt, indem hier nicht mehr wie 7 Muskelfäden dem Einflusse von 3 Nervenröhren unterliegen.

Es liesse sich wohl schon a priori die Idee rechtfertigen, die auch schon Kühne (l. c.) andeutet, dass die Muskeln des wichtigsten Sinnesorganes vor allen andern Muskeln am glücklichsten in Betreff der Nervenzahl bestellt seien, und so finden wir es denn bei einem Vergleich mit anderen Muskeln auch wirklich bestätigt. Zählungen, die ich an verschiedenen Mm. biceps brachii und Sartorius junger Hunde vornahm, ergeben für den Biceps ein Mittel von 1 : 83, während beim Sartorius ca. 40—60 Muskelfasern auf eine Nervenfaser zu rechnen waren. Bei einem Biceps konnte ich sogar das Verhältniss von 1 : 125 constatiren. Der Muskel von 52487 Fasern [1]) hatte hier über nicht mehr als 420 Nervenröhren zu verfügen.

Wie oben schon erwähnt, fand nun Reichert in dem Brusthautmuskel des Frosches, dass ein solcher mit 160 Fasern von 6—7 Nervenröhren versorgt wird, so dass sich also das Verhältniss wie 1 : 23—27 herausstellt. Auffallender Weise ist hiernach der Froschmuskel mit einer grösseren Anzahl von Nervenprimitivfasern versorgt, als der Biceps und Sartorius des Hundes, es geht also

1) Da hier die Fasern nicht ganz durchgehen, so ist die Zahlenbestimmung nur eine approximative.

daraus der wichtige Satz hervor, dass die allgemeine Ansicht, welche den Muskeln der höheren Wirbelthiere ausnahmslos eine grössere Anzahl von Nerven zuschreibt, unrichtig ist. Vielmehr scheint nach meinen Untersuchungen lediglich die Function des Organes den Anschlag zu geben, indem die äusserst fein einzustellenden Augenmuskeln die höchste, die weniger fein organisirten Extremitätenmuskeln dagegen eine geringere Anzahl von Nervenröhren führen. Es lässt sich dieser Satz leicht aus anderen Muskeln des Frosches beweisen. So fanden sich in dem ganz unwichtigen kleinen Abductor digiti V. pedis dieses Thieres 200 Muskelfasern, die von nur 5 Nervenröhren versorgt wurden, also ein Verhältniss wie 1 : 40, ähnlich dem Sartorius des Hundes. In dem für die Bewegung des Schwimmens wichtigen Sartorius des Frosches dagegen fanden sich für 460 Muskelfasern 28 eintretende Nervenfasern, es ergab sich also ein Verhältniss, wie 1 : $16^3/_7$. Auch hier beim Frosch müssen, wenn der oben ausgesprochene Satz richtig ist, die Augenmuskeln eine Zahl von Nerven führen, die der bei höheren Thieren beobachteten gleichkommt, oder doch wenigstens nahe steht, und so fanden sich in der That folgende Zahlenwerthe:

Nerve	Muskel	Verhältniss.
68	230	ca. 1 : 3
54	225	ca. 1 : 4
30	400	ca. 1 : 13
24	496	ca. 1 : 21

Es ergiebt sich daraus ein Verhältniss von 1 : 10, welches gewiss richtig ist, wenn man die unvollkommeneren Augenbewegungen des Frosches in Anschlag bringt.

Einen weiteren Beweis dass die Function des Muskels die Zahl der eintretenden Nervenröhren bestimmt, liefern ferner die Resultate, welche ich an den Schwanzmuskeln der Maus gewonnen habe, die deshalb gewählt wurden, weil in ihnen die Fasern die ganze Länge des Muskels durchziehen und also eine Querschnittszählung ein richtiges Resultat ergeben musste.

Zur Untersuchung derselben legte ich den unversehrten Schwanz, um ihn schnittfähig zu machen, einige Tage in Müller'sche Flüssigkeit mit Salzsäure und machte dann nach vollendeter Härtung in absolutem Alkohol aufeinander folgende Querschnitte. In der grössten Dicke des Muskels zählte ich hierauf die Fasern

und die Nervenröhren an der Stelle ihres Eintrittes. Vier derselben verhielten sich, wie folgt:

Von den beiden an der centralen Seite gelegenen Muskeln zählte der eine 232 Fasern, der zugehörige Nerv deren 11 ($1 : 21^1/_{11}$) der andere 217, der Nerve 14 Fasern ($1 : 15^1/_2$). Vor die beiden dorsal gelegenen Muskeln führte der eine mit 438 Fasern einen Nerven von 11 Fasern ($1 : 39^9/_{11}$), der gegenüber liegende von 458 Fasern war mit 12 Nervenröhren versorgt ($1 : 38^1/_6$). Im Durchschnitt würde danach auf 28—29 Muskel- eine Nervenprimitivfaser zu rechnen sein, was mit den Beobachtungen von Reichert über den Brusthautmuskel des Frosches nahezu übereinstimmt.

Nach Darstellung dieser nummerischen Beziehungen zwischen Nerv und Muskel, wende ich mich noch mit einigen Worten zum Verlaufe des Nerven innerhalb des Muskels selbst. Um zu sehen, in welcher Weise sich der Nerv hier verhält, ob Theilungen stets nachweisbar seien, und ob die Ausbreitung sich durch den ganzen Muskel erstreckt, oder wie Kölliker [1]) angibt, hauptsächlich gewisse Regionen einhalte, wurden die fast durchweg zur Untersuchung verwendeten frischen Augenmuskeln des Schafes erst einige Zeit in schwache Essigsäure gelegt und ihnen so eine grössere Durchsichtigkeit verliehen. Der Nerv durchzieht nun den Muskel in seiner ganzen Länge, und zwar bilden die Stammfasern namentlich in dem Bezirke der Eintrittsstelle, also im mittleren Drittel des Muskels grobe Plexus, deren Fasern sich nach kurzem Verlauf wieder zu kleinen, marklosen Plexus (Endplexus Valentin) vereinigen und nun Theilungen eingehen. Daher ist denn auch die Verfolgung einer Stammfaser in ihrer ganzen Länge mit den grössten Schwierigkeiten verknüpft, weil sie sich fast stets nach der Trennung vom Stamm sogleich einem vorbeilaufenden Bündel anschliesst, mit dem sie dann einen neuen Plexus eingeht.

Die Ausbreitung der letzteren geschieht nicht gleichmässig nach allen Seiten hin, sondern es finden sich die gröberen Geflechte hauptsächlich nur in der Gegend des Eintrittes, die feineren hier und im vorderen dem Bulbus zugekehrten Drittel. Das hintere Drittel dagegen ist nur sehr karg mit beiderlei Arten von Plexus bedacht, wie denn diese Partie auch weniger Endigungen zählt, als die übrigen Regionen. Abgesehen jedoch von diesen Abweichungen

1) Handb. der Gewebelehre. 5. Aufl. p. 170.

der einzelnen Partien unter sich, hat sich bei allen Augenmuskeln als übereinstimmendes Resultat der Untersuchung ergeben, dass der Nerv den Muskel vollständig durchsetzt, überall grobe und feinere Plexus bildet, Theilungen eingeht und das ganze Gebiet mit mehr oder weniger zahlreichen Nervenendigungen versorgt. Mit diesem letzteren Factum muss ich einer Behauptung von Kühne [1]) entgegentreten, in der er die Erklärung abgibt, dass in jedem Muskel grosse Strecken vorkommen, wo keine Nerven anzutreffen seien, und dass namentlich die Enden in beträchtlicher Ausdehnung nervenfrei zu sein pflegen. Es hat dieser Ausspruch des genannten Autors jedenfalls keine allgemeine Berechtigung; sie mag wohl im Zusammenhalt mit Kölliker's Angaben, der den M. omohyoideus des Menschen untersucht hat, für lange und dünne Muskeln richtig sein, durchaus jedoch nicht für die von mir untersuchten Augenmuskeln.

Im grossen Ganzen geschieht nun die Theilung der Nerven auf zweierlei Weise, entweder innerhalb des Nervenstämmchens, oder ausserhalb desselben. Theilt sich die Faser noch während ihres Verlaufes im Stamm, was übrigens bei weitem seltener beobachtet wurde, als ausserhalb des letzteren, so hat dieselbe entweder mit dieser Theilung ihre Bahn vollendet, indem sie sich direct in Endigung verliert, oder es ist ihr, nachdem sie eine Endigung abgegeben, nach weiterem Verlaufe noch eine spätere Theilung vorbehalten, indem die erstere nur als eine Abzweigung betrachtet, ihre fernere Bahn in keiner Weise beeinträchtigt. So hatte ich Gelegenheit im Retractor bulbi der Katze ein Nervenstämmchen zu beobachten, in welchem zwei neben einander liegende Fasern dem gedachten Schema entsprachen. Die eine von diesen bog schon zeitig aus der Bahn des Stämmchens ab und verlor sich ohne weitere Theilung in zwei Endigungen, die bei einander lagen, die andere dagegen gab nicht weit davon unmittelbar im Bereich des Stammes einen Ast ab, der in eine Endplatte auslief, verfolgte aber dessenungeachtet in der Bahn des Stammes ihren eigentlichen Weg, bis sie in einem ganz anderen Distrikte neuen Theilungen unterlag, und mehrere Endigungen aufwies. Daraus erhellt schon von selbst, dass die Nervenfasern durchaus nicht auf eine oder auf mehrere nahe bei einander liegenden Muskelfasern beschränkt zu sein

1) Stricker's Handbuch l. c.

brauchen, dass vielmehr selbst ganz entgegengesetzte Muskelfäden dem Impulse einer und derselben Nervenfaser unterworfen sein können.

Fast überall gibt sich die Theilung der Primitivfasern der Augenmuskel-Nerven als eine dichotomische zu erkennen, Dreitheilungen sind seltener und solche in 4, 5 oder noch mehr Zweige, wie sie Wagner in seinem Handwörterbuch von niederen Thieren abbildet, scheinen bei Säugethieren entweder gar nicht, oder doch jedenfalls sehr selten vorzukommen.

Die Zahl der jedesmaligen Theilungen, d. h. also die Summe der aus einer Nervenfaser schliesslich resultirenden Endplatten auch nur annähernd zu bestimmen, ist völlig unmöglich, wie aus Vorstehendem hervorgeht, doch lassen die sorgfältigen Untersuchungen Kühne's [1]) im Zusammenhalt mit meinen Beobachtungen wenigstens einen allgemeinen Schluss zu. Derselbe bearbeitete den Sartorius des Frosches und fand, dass jeder Muskelfaser wenigstens eine Nervenendigung zukommt, dass es aber viele gibt, welche mehr solche bis zu 6 und 8 enthalten. Nimmt man nun auf eine Muskelfaser durchschnittlich nur 2 Endigungen an, so ergibt sich, dass bei einer Zahl von 460 Muskelfasern und 28 Nervenröhren, jede dieser letzteren in mindestens 33 Endplatten zerfallen muss.

Auch in anderen Muskeln hat es ganz den Anschein, als ob sich die Sache in gleicher Weise verhielte, wenn man die vielen leicht zu beobachtenden Theilungen bedenkt, und es würden dann natürlich z. B. die einzelnen Fasern der Augenmuskeln eine grössere Zahl von Endigungen aufweisen, als die anderer Organe.

Herrn Dr. Merkel, unter dessen Leitung vorstehende Untersuchungen ausgeführt wurden, spreche ich zum Schlusse für seine freundlich gewährte Unterstützung meinen herzlichsten Dank aus.

Anhang.

Der Fasertheilungen in den Augenmuskeln des Schafes wurde schon oben Erwähnung gethan; sie wurden sehr vielfach beobachtet, und es schien deshalb interessant, dieselben näher zu untersuchen, da dergleichen bis jetzt nur an den Muskel-

1) Peripher. Endorgane.

fasern des Herzens, der Zunge und in der Stammmuskulatur des Pferdes [1]) nachgewiesen wurden.

In der Regel erfolgt eine solche Theilung gegen das Ende der Faser, weit weniger häufig konnte ich eine Spaltung inmitten der Muskelfaser wahrnehmen. Dieselbe ist eine durchweg dichotomische, wenigstens ist mir niemals eine Drei- oder Mehrtheilung begegnet. Etwaigen Vermuthungen, dass die gedachten Theilungen sich als Frucht irgend einer mechanischen Verletzung aufklären möchten, wird schon von vorneherein durch die Kühne'sche Isolirungsmethode die Spitze gebrochen, indem bei ihrer Anwendung an beiden Aesten der Abzweigung das Sarcolemm nachweislich erhalten bleibt.

Hin und wieder habe ich auch einige sehr schöne und unzweifelhafte Anastomosen, wie sie Figg. 5 und 6 darstellen, beobachtet.

Die sämmtlichen Angaben von Biesiadecki und Herzig (l. c.) finden sich auch für die Augenmuskeln vollkommen bestätigt, so dass ich mich fast mit einem Hinweis auf die Figurentafel bescheiden kann.

In der Regel laufen die Muskelfasern beiderseits an den Enden kegelförmig zugespitzt aus, oder sie runden sich sowohl oben als unten stumpf ab; während in weniger häufigen Fällen auch zierliche, baumförmig verzweigte Gabelungen zur Beobachtung kommen. Ferner gehören Fasern, die an der einen Seite in lauter feine abgerundete Zacken oder kamm- und kegelförmige Spitzen endigen, nicht gerade zur Seltenheit. Ebenso kann eine Muskelfaser in ihrer ganzen Länge an der einen Seite kammartige oder mehr wellenförmige Erhöhungen zeigen (Fig. 1), oder diese zu kurzen Fortsätzen und Aestchen ausbilden (Fig. 2), welche selbst wieder einfach abgerundet oder mit Einschnitten an den Spitzen versehen sind. Einige Male sah ich die Muskelfaser auch mit einer Art von Anschwellung abschliessen, indem das eine oder andere Ende conisch aufgetrieben erschien.

In der schon mehrfach citirten Abhandlung von Biesiadecki und Herzig bringen dieselben auch die Frage über den Zusammenhang zwischen Muskel- und Sehnengewebe zur Sprache, indem

---

1) Biesiadecki und Herzig: Die verschiedenen Formen der quergestreiften Muskelfasern. Wien. Sitzungsb. 1858.

sie die täuschenden Bilder des directen Ueberganges zwischen beiden daraus zu erklären suchen, dass bei solchen Trugbildern eine Faser nicht mit einem stumpfen Ende, sondern mit mehreren kegelförmigen Spitzen in das Sehnengewebe hineinrage. Für die Richtigkeit dieser Ansicht finden sich wohl niegends so schöne und zahlreiche Belege, als gerade in den Augenmuskeln. Ueberall sah ich hier die Endkegel und Ausläufer von den blassen Sehnenfäden umschlängelt, in einzelnen Fällen wurden selbst ziemlich weit vom eigentlichen Ende gelegen Spitzen von ihnen umstrickt (Fig. 4).

Erklärung der Abbildungen auf Taf. II.

Sämmtliche Figuren stellen verschiedene Formen von verästelten, anastomosirenden und getheilten Muskelfasern aus den Augenmuskeln des Schafes dar.

Figur	1.	Aus dem	M. rect. sup.
»	2.	»	» obliqu. infer.
»	3 und 4.	»	» rect. lateral.
»	5.	»	» rect. medial.
»	6.	»	» obliqu. superior.

Ueber Noctiluca miliaris Sur.

Von

Prof. **L. Cienkowski.**

Hierzu Taf. III, IV und V.

Das Material zu nachstehenden Untersuchungen fand ich in Odessa und der nächsten Umgegend, wo die Noctiluca zeitweise, während der Sommer- und Wintermonate in grossen Schaaren vorkommt. Ebenso häufig erscheint sie in der Krimm und zieht sich weiter nördlich bis in das Asow'sche Meer hinein. Nach der entgegengesetzten Richtung traf ich sie massenhaft bei Konstantinopel und Smyrna, von wo südlich sie merklich abnimmt, so dass ich in Neapel und Messina im Winter kein einziges Exemplar auffischen konnte. In Odessa scheint ihr massenhaftes Auftreten durch anhaltenden Südwind und darauf folgende Stille die günstigste Bedingung zu sein. Nach der Aussage der Odessaer Fischer brennt dort die See gewöhnlich im August; ich habe im vorigen Sommer das Maximum des Leuchtens und der Noctiluca-Entwickelung im Juni und Juli beobachtet.

1) Da ich bei meinen Untersuchungen hauptsächlich auf die Entwickelungsgeschichte Acht gab, so unterlasse ich eine ausführliche Schilderung der anatomischen Verhältnisse und will nur manche der vorhandenen Thatsachen berichtigen und einige neue hinzufügen.

Wie bekannt, stellt die Noctiluca eine nierenförmige Blase dar, die einen Nucleus und von ihm gegen die Peripherie hin in verzweigte Ströme fliessendes Protoplasma einschliesst. Die Wand

der Blase hat eine viel festere Consistenz als der Inhalt, sie scheint von ihm nicht scharf geschieden zu sein; bei schädlichen Einflüssen hebt sich oft von ihrer Oberfläche eine äusserst feine Contur, sonst fällt die Blase in zahllose Runzeln sich faltend mit dem Protoplasma in einen unförmlichen Körper zusammen. Ich fand keine Thatsachen, die auf eine Vielzelligkeit des Noctilucaleibes hinweisen.

Der Ausschnitt der Blase bildet eine trichterförmige Vertiefung, an deren Boden die Mundöffnung liegt, durch welche verhältnissmässig sehr grosse Körper, wie Oscillatorienbündel, verschiedene Crustaceen u. d. g. eingezogen und herausgeworfen werden. Eine besondere Analöffnung, wie sie Huxley [1]) angiebt, konnte ich nicht auffinden. Am Grunde und an den Wänden der Vertiefung sind nun die bekannten Theile: der Mund, der Zahn, die Geissel und die Cilie angebracht (Fig. 1, 2, 7). In der Nachbarschaft des Mundes ist die quergestreifte Geissel befestigt. Ihre Basis wächst in 3 ungleich grosse Borsten aus, vermittelst derer sie auf der Oberfläche des Thieres, wie auf einer dreifüssigen Stellage ruht (Fig. 2, b, g; Fig, 6 u. 7, b, f, g). Mit den zwei langen stützt sich die Geissel auf die zwei Lappen, die den Ausschnitt begrenzen, die dritte viel kürzere Borste ist gegen die Basis des Zahnes gerichtet (Fig. 5, 7, f). Von der Anheftungsstelle der Geissel geht nur an die Wand der Vertiefung angelehnt der sogenannte Zahn ab (Fig. 1—3, z). Er ist etwas gebogen und besteht aus einem dünnen Griff und einer Lamelle (Fig. 5, 6, c, z). Die letzte besitzt an einer Seite eine 3zähnige Hervorragung, deren mittlerer Zahn wiederum oft ausgeschnitten zweispitzig erscheint (Fig. 6, z). Die Stelle des Noctiluca-Lappens, an welche sich die Lamelle anschmiegt, ist stark verdickt und ragt über diese in Form einer Spitze empor (Fig. 2, z; 5, a). Oberhalb der Lamelle in einer etwas tiefer gelegenen Ebene entspringt die für die systematische Stellung der Noctiluca so wichtige, von Krohn entdeckte Wimper (Fig. 7, w). Es ist nicht besonders schwer, dieselbe zur Anschauung zu bringen, wenn man einmal weis, wo sie zu suchen sei; das erste Auffinden derselben bedurfte gewiss einer scharfen Beobachtungsgabe. An der Austrittsstelle der Wimper habe ich stets eine von anderen Forschern übersehene, hervorragende Warze oder Lippe gesehen (Fig. 6, 7, l). Sie

1) Journal of microscop. Sc. 1854.

2) Archiv f. Naturgeschichte 1852.

liegt nicht im Grunde der Vertiefung an der Basis des Zahnes, sondern in der Nähe seiner Spitze — auch schwingt die Wimper nicht nach dem Ausgange der Mündung, vielmehr in der Richtung gegen den Befestigungsort der Geissel hin.

Zuletzt bleibt noch das sogenannte Staborgan zu erwähnen. Aus dem Boden des Ausschnittes der Noctilucablase ziehen sich an ihrer Oberfläche zu dem gegenüberliegenden Rand zwei spitz zulaufende Kanten (Fig. 2, 8, 9, 11 s). Sie bestehen aus einer viel dichteren Substanz als der übrige Körper, so dass sie zerbrechen können (Fig. 10) und bleiben bei Beschädigungen des Thieres längere Zeit unverändert sichtbar. Da die Grösse des Ausschnittes der Noctiluca-Blase bei verschiedenen Exemplaren sehr wechselt, selbst bei einem und demselben Individuum veränderlich ist, so findet man auch die gegenseitige Entfernung und Lage oben genannter Theile sehr verschieden. So z. B. sehen wir ein Mal die kurze Borste der Geissel continuirlich in den Griff des Zahnes übergehen (Fig. 4, f), das andere Mal, bei derselben Lage des Objectes, vom Griffe entfernt und von ihm in einen rechten Winkel gestellt (Fig. 6, c, f).

Wenn wir von diesen äusseren Theilen in's Innere der Noctiluca übergehen, so verdient ausser dem in Ströme und Netze vertheilten protoplasmatischen Inhalt noch ein grosser heller Nucleus unsere Aufmerksamkeit. Er ist unter der Vertiefung in einen dicken Protoplasmaklumpen eingebettet und stellt eine glashelle Kugel dar, deren Inhalt oft Körperchen von verschiedener Grösse einzuschliessen scheint. Beobachtet man indessen anhaltend diesen protoplasmatischen Inhalt, so wird man bald gewahr, dass er mitunter Formänderungen zeigt: Oft zieht er sich von der Nucleuswand zurück, bildet Stränge und verzweigte Strahlen, die nach einer Weile wieder eingezogen werden (Fig. 12). Diese protoplasmatischen Fortsätze erscheinen nun, wenn sie senkrecht zum Beobachter zu stehen kommen, wie Körperchen von verschiedenen Umrissen und Grössen und waren von einigen Forschern als individualisirte Inhaltstheile, als Nucleoli gedeutet.

Zwischen normal gebauten Noctiluken begegnet man zu allen Jahreszeiten kugelrunden Blasen, die der Vertiefung, der Geissel des Zahnes entbehren und dennoch durch die Anwesenheit des Nucleus, durch die Protoplasma-Stränge unzweifelhaft beweisen, dass sie zu Noctiluca gehören. Solche Blasen waren schon von J. Müller in

Nizza, wo sie in grossen Schaaren auftraten, beobachtet und für Cysten der Noctiluca angesehen [1]). Da ich nur an solchen Blasen die Zoosporen fand, so suchte ich genau den Uebergang der normalen Noctiluken in diesen Blasen-Zustand zu verfolgen. Es ist hier vor allem hervorzuheben, dass die Geissel sehr oft allmählig eingezogen wird und wiederum an einer eingekugelten Noctiluca von Neuem entstehen kann (Fig. 13, g). Das Einziehen giebt sich dadurch kund, dass an irgend einer Stelle der Geissel eine Auftreibung entsteht, in welcher die Querstreifung völlig schwindet (Fig. 16, g). Darauf verkürzt sich die Geissel immer mehr, wird unregelmässig, allmählig in eine Warze umgeändert, bis sie zuletzt vollständig verschwindet. Noch auf eine andere Art entledigt sich die Noctiluca ihrer Geissel. Bei copulirenden Exemplaren habe ich zu wiederholten Malen ganz deutlich das Abstreifen oder Abbrechen des ganzen Organs beobachtet (Fig. 50). Gleichzeitig mit dem Einziehen der Geissel oder auch viel früher sehen wir die trichterförmige Vertiefung seichter werden, was durch Annäherung und Verschmelzen der hervorragenden Wölbungen zu Stande zu kommen scheint. Wenigstens spricht dafür das immer schmäler werdende Staborgan, welches bei fernerer Einkugelung des Thieres ganz unmerklich wird (Fig. 8, 15, 52).

2) Die längst bekannte Vermehrungsart der Noctiluca ist die durch Theilung. Sie wurde am vollständigsten von Brightwell verfolgt [2]), dessen Beobachtungen ich so wohl an normal gebauten wie auch an eingekugelten Individuen bestätigen konnte. Die Vorbereitung zur Theilung scheint vom Nucleus auszugehen. Derselbe wird grösser und eingeschnürt. In darauf folgendem Stadium zeigt die sich theilende Noctiluca eine Bisquitform und besitzt zwei von einander entfernte Nuclei; die Einschnürung schreitet dann nach und nach bis zur Sonderung in zwei Individuen. Dabei entstehen bei den eingekugelten Exemplaren die Geisseln noch vor dem Schlusse der Theilung, dagegen bei normalgebauten fand ich gleich am Beginne der Einschnürung eine doppelte Zahl erwähnter Organe. Im Laufe meiner ersten im Frühling und diesmaligen im Sommer vorgenommenen Untersuchungen kamen die sich theilenden Exemplare sehr selten vor. Die Mehrzahl der bisquitförmigen Blasen sind, wie

1) Citirt bei Pritchard: A history of Infusoria 1861 p. 385.
2) Quarterly Journ. of microscop. sc. 1857 p. 189.

ich zuerst fand, als Stadien zweier sich copulirender Individuen zu deuten.

Die zweite Vermehrungsart geschieht nach Busch's [1]) Angaben durch innere Knospung. Junge Noctiluken, die von solchen inneren Keimen herstammen sollen, haben unregelmässige gelappte Gestalt, sie schliessen einen grossen Nucleus ein, von dem die charakteristische Geissel und in ihrer Nähe das Staborgan entspringt. Das letzte ist indessen nicht wie bei dem erwachsenen Thiere dem Körper angedrückt, sondern ragt in einen der Lappen eingehüllt weit nach Aussen hervor. Dieselben Bildungen wurden ausser Busch vor einigen Jahren von Prof. Metschnikoff in Odessa wieder gefunden. Wie wir aus den Abbildungen, die mir von ihm zur Benutzung gefälligst mitgetheilt wurden, sehen (Fig. 17—19), unterscheiden sie sich von den von Busch entdeckten nur durch geringe Entwickelung oder gänzlichen Mangel der Lappen und durch den Umstand, dass das Staborgan dem Körper angelehnt war und weniger hervorragte. Die jüngsten hierher gehörenden Stadien stellten kugelförmige Körper, die einen Nucleus in Protoplasma eingebettet enthielten, dar. Einmal gelang es Prof. Metschnikoff, so eine Kugel selbst im Inneren einer gefalteten Noctiluca-Blase zu sehen (Fig. 17). Durch diese Thatsache erhielt Busch's Vermuthung, dass genannte Bildungen von inneren Keimen abstammen können, eine bedeutende Stütze.

Ich habe lange Zeit vergebens nach diesen vermeintlichen Entwickelungsstadien gesucht, bis ich unerwarteter Weise Mittel fand, dieselben künstlich nach Belieben in grosser Zahl mir zu verschaffen. Es war den meisten Forschern, die sich mit Noctiluca beschäftigten, bekannt, dass bei Verletzungen das Thier zusammenfällt und dass der lebensfähige Theil des Inhaltes sich wieder zu einer Noctiluca gestaltet. Verfolgt man nun genau diese mannigfaltigen Noctiluca-Krüppel, wie sie nach und nach ihre mangelnden Theile ergänzen, bis sie den normalen Bau erreichen und vergleicht man diese Regenerationsprodukte mit den von Busch entdeckten Bildungen, so gewinnt man die feste Ueberzeugung, dass beide identisch sind. Da die erwähnten Ergänzungsvorgänge von anderen Forschern, besonders Dönitz [2]) ziemlich vollständig geschildert worden sind,

1) Untersuch. über wirbellose Thiere p. 104.

2) Reichert u. du Bois-Reymond Archiv 1868 p. 147.

so wird es genügen, wenn ich hier nur die Hauptmomente angebe.

Die auf die Regeneration zu untersuchenden Noctiluken habe ich meistens in hängenden Tropfen in feuchter Kammer auf dem Objectträger beobachtet. Das blosse Heraufziehen des Materials mit einer Pipette, besonders wenn ihr Rand nicht glatt genug ist, giebt schon beschädigte Exemplare, deren Zahl durch leises Herumrühren mit einer Nadel oder Papierstreifen man beliebig vermehren kann. Bei solchen Verstümmelungen bleibt in den meisten Fällen eine grosse mit dem Staborgan fest vereinigte Partie des Protoplasma lebensfähig. Sie scheidet sich sogleich von der gefalteten, abgestorbenen, einen unförmlichen Klumpen bildend. Sie trägt gewöhnlich die Geissel und schliesst den Kern ein (Fig. 20). Die Regeneration beginnt damit, dass die Peripherie des Klumpens ein schaumiges Aussehen bekommt; somit wird ein dichterer centraler Theil von dem schaumigen peripherischen, der später in Protoplasma-Ströme sich umändert, geschieden; zuletzt erhärtet die Oberfläche in einer neuen Blasenwand. Hat der lebensfähige Theil der verletzten Noctiluca einen grossen Umfang, dann erhält man Formen mit angeschmiegtem stabförmigen Organ (Fig. 18); ist dagegen der unverletzte Theil unbedeutend, dann ragt in der sich ergänzenden Noctiluca das stabförmige Organ mehr oder weniger hervor (Fig. 19). Solche Beispiele sind von Dönitz in der citirten Arbeit in Fig. 5, Tab. IV dargestellt — und hierher gehören ohne Zweifel die von Busch entdeckten Bildungen. In den oben beschriebenen Fällen war die Geissel, der Kern und das Staborgan des alten Thieres in die Neubildung aufgenommen. Dieser Umstand ist jedoch für den Ergänzungsprocess nicht unumgänglich. Der Regenerationsklumpen entbehrt oft aller genannter Theile, die an dem abgestorbenen Leibe haften bleiben. An jeder selbst sehr kleinen lebensfähigen Partie des Protoplasma können die wesentlichen Organe der Noctiluca von neuem entstehen. Dabei wiederholt sich zuerst die Sonderung der schaumigen Peripherie vom dichteren Centrum, die Bildung der neuen äusseren Wand, nachträglich kommt die Geissel, das Stab-Organ und im Protoplasma der Nucleus zum Vorschein (Fig 2) [1]) In allen von mir beobachteten Fällen, wo der sich ergänzende Theil blos aus Protoplasma bestand, trat das Staborgan in Form zweier

1) Dieses Archiv Bd. 7. 1871.

spitzzulaufender Kanten auf und ragte nie weit über die regenerirte Noctiluca. Wir sehen also, dass die Ergänzungserscheinungen sehr mannigfach ausfallen können, je nach dem Umfange der lebensfähig gebliebenen Theile der Noctiluca und nach den Organen, die sie durch Verletzung eingebüsst hat. Auf diese Weise erklären sich die verschiedensten Regenerationsprodukte von mannigfaltigster Grösse, die entweder frei im Wasser schwimmen, oder in der gefalteten, zurückgebliebenen alten Hülle eingeschlossen sich finden. Im letzten Falle, besonders wenn man kleine glatte Kugeln im Innern des Mutterthieres fand, wie in dem vom Prof. Metschnikoff beobachteten, konnte natürlich der Gedanke an eine innere Knospung als der wahrscheinlichste erscheinen. Allein erwähnte Bildungen kommen nie in gesunden Thieren vor, sie sind entschieden Verletzungsprodukte. Dass sich die Sache wirklich so verhält, davon überzeugt man sich am leichtesten, wenn man die Noctiluken unter Deckgläschen untersucht und durch gelinden Druck einen Theil des Protoplasma durch die Mundöffnung austreten lässt. Die befreite Masse nimmt dann allmälig Kugelgestalt an und bei günstigen Verhältnissen ist es möglich, in wenigen Stunden die Ergänzung bis zu einem gewissen Grade sich vollziehen zu sehen.

3) Die Noctiluca, wie aus meinem früheren Aufsatze bekannt, bildet in eine Scheibe vereinigte Zoosporen (Fig. 22 – 24). Sie entstehen nie an Exemplaren, die die Geissel, das Staborgan und die Mundöffnung besitzen, sondern an den fast inhaltleeren eingehüllten Individuen. Dieser Umstand konnte den Zweifel erwecken, dass die schildtragenden Blasen ungeachtet ihrer Aehnlichkeit mit Noctiluken dennoch zu ihr nicht gehören. Dieser Verdacht lässt sich jedoch vollständig beseitigen, wenn man das allmählige Umbilden der normalen Noctiluken in glatte Kugeln verfolgt, und dann zu den frühsten Stadien der Scheibenbildung zurückgeht. Man überzeugt sich leicht, dass, je weiter die Scheibenbildung vorschreitet, desto inhaltarmer wird die sie tragende Blase, wodurch sie ein fremdartiges Aussehen erhält. Allein auch jetzt noch beweist ihr Inhalt, ihr Leuchtvermögen und die Eigenschaft durch leiseste schädliche Eingriffe sogleich unter zahlreicher Faltenbildung zu verschrumpfen, dass wir mit demselben Wesen zu thun haben.

Was die Thatsachen über die Entwickelung der Zoosporen selbst betrifft, so kann ich zu den früher berichteten einige neue hinzufügen.

Wir wissen schon, dass eine reifende Scheibe Zoosporen in verschiedenen Altersstufen enthält. Man findet hier einen Haufen warzenartiger Ausstülpungen von verschiedensten Grössen, die mit dem Inneren der Noctiluca in offener Communikation stehen (Fig. 35—36). Fixirt man nun während einiger Zeit einen grösseren sich über die Peripherie des Thieres erhebenden Fortsatz, z. B. a, Fig. 35 und beobachtet denselben bei einer seitlichen Lage, so bemerkt man gleich, dass er der Länge nach durch eine immer tiefer greifende Furche in zwei an der Basis zusammenhängende Theile gespalten wird, a Fig. 35. Die Einkerbung erscheint an dem freien Ende der Warze und schreitet rasch gegen die Basis hin; gleichzeitig oder bald darauf bemerkt man, dass auch der benachbarte Hügel eine Herz-Form annimmt, zweilappig wird und zuletzt sich verdoppelt Fig. 35, o, o. Diese Theilung grösserer Hügel in kleinere Warzen wiederholt sich an verschiedenen Stellen der Scheibe vom Centrum gegen die Peripherie vorschreitend. Zuletzt werden die zahlreichen Warzen von der sie tragenden Blase abgeschnürt, bekommen eine lange Wimper und verlassen ihre Bildungsstätte.

Wenn wir jetzt von fast reifen Scheiben zu den früheren Stadien zurückgehen, so ergiebt sich, dass die Zahl der Ausstülpungen oder der Hügel immer geringer wird, dagegen ihr Umfang besonders an der Basis bedeutend zunimmt Fig. 33, 32. Es gelang mir, eingekugelte Noctiluken aufzufinden, die bloss 4 grosse Hügel zeigten (Fig. 31). Es ist fast gewiss, dass die erste Anlage der Scheibe nur aus zweien Ausstülpungen besteht, denn man findet nicht selten 8 Hügel in zwei Gruppen vereinigt, was auf zwei ursprüngliche Bildungscentra hindeutet. Geht man noch einen Schritt zurück, so stösst man auf den Ausgangspunkt der ganzen Entwickelungsreihe. Dieser liegt im Protoplasma. Das erste Kennzeichen der nahenden Zoosporenbildung ist das Verschwinden des Nucleus und das Zerfallen des Inhalts in 2—4 nicht weit entfernte und nicht scharf von einander gesonderte Klumpen (Fig. 25, 26, 30). Den 4 Inhaltstheilen entsprechend erhebt sich nun weiter die Wand der Blase in eben so viele Flügel, die, wie ich oben angab, durch wiederholte Theilungen sich vervielfachen und zu der Scheibenbildung führen (Fig. 27—29; 32, 33).

Auf die soeben geschilderte Weise entsteht eine Scheibe, die wenige Schwärmer enthält: In diesem Falle kann man also alle Zoosporen von 2—4 ursprünglichen Wölbungen ableiten. Der Vor-

gang erleidet eine Aenderung, wenn die Scheibe einen grösseren Umfang hat und aus zahlreichen Schwärmern besteht. Dann zerfällt das Protoplasma nicht gleichzeitig in so viele Klumpen wie viel nachträglich Hügel gebildet werden, sondern es scheiden sich von ihm succedan in Kreisen geordnete Partien, die weiter ebensoviele Ausstülpungen veranlassen (Fig. 37). Zuerst entsteht ein Hügelkranz, unter ihm ein zweiter, dann ein dritter u. s. w. Wenn die erste Hügelgruppe schon hervorragt, behält das übrige Protoplasma noch eine Zeitlang seine normale Anordnung, wo es sich dann, in der Nähe der ersten Hügel, in Klumpen scheidet, die den zweiten Ring der Ausstülpungen bilden werden; weiter abwärts sind noch die gewöhnlichen Stränge und Anastomosen des Plasma vorhanden. Erwähnte Hügelbildung wiederholt sich bis zur Erschöpfung des ganzen Noctiluca-Inhalts. Während dieses Processes sammelt sich das Protoplasma vorzugsweise in der Hügelregion, die entgegengesetzte Hälfte freilassend. Bei häufig vorkommendem abnormen Laufe der Entwickelung entstehen entweder wurmartige Wucherungen, welche durch Abschnürung und Theilung normal gebaute Zoosporen geben, oder die Hügel werden in einen gedrängten Haufen angesetzt.

Der ausgebildete Schwärmer besteht aus einem gewölbten Kopftheile und einer flachen ovalen Stielblase, in deren Wand man einen mit dem Kopfe continuirlich verbundenen Stachel wahrnimmt (Fig. 38, 40, k, s). An der Ecke, welche der Stachel mit dem Kopfe bildet oder etwas höher am Kopfe selbst entspringt eine lange Cilie (Fig 38—41, w); in der Stielblase ist ferner ein Nucleus stets vorhanden (Fig. 40, n). Ausser diesen Theilen habe ich nachträglich in vielen Fällen noch ein cylindrisches am Kopfe angeheftetes Anhängsel gefunden (Fig. 41, 43, a). Dieses war starr unbeweglich, sein freies gegen die Basis des Stieles gerichtetes Ende zeigte oft eine knopfartige Anschwellung. Welche Bedeutung man erwähnten Organen des Schwärmers zuzuschreiben hat, konnte ich nicht ermitteln, da es mir jetzt wie auch bei meinen ersten Unternehmungen nicht glücken wollte aus den Zoosporen junge Noctiluken zu ziehen. Im hängenden Tropfen, wie auch unter Deckglas kultivirt, bewegten sie sich 24—28 Stunden, glitten an der Oberfläche der Noctiluken oder schwammen, die Wimpern nachschleppend, frei in allen Richtungen umher; zur ferneren Entwickelung vermochte ich sie nicht zu bewegen; nach dieser Zeitfrist starben sie dann immer ab.

Es sei hier noch erwähnt, dass neben normalgebildeten auch verschiedene missgestaltete Schwärmer vorkommen. Sie stellen verhältnissmässig sehr grosse birnförmige Blasen dar, die mit schmalem kurzem Stiele an der Noctiluca aufsitzen (Fig. 44, 45). Diese Blasen sind sehr oft mit einer Cilie, einem hervorragenden kurzen Anhängsel, einem Stachel und Nucleus, von dem in der Peripherie einige Protoplasmastrahlen abgehen, ausgerüstet (Fig. 44, 45, a, s, n, w). Sie vermögen wie die normalen Zoosporen die Scheibe zu verlassen und im Wasser sich herumzutummeln, sie sind viel mehr dem erwachsenen Thier ähnlich als die gewöhnlichen Schwärmer. Welche Metamorphose diese abnormen Blasen durchzumachen haben, bis sie in eine Noctiluca sich verwandeln, ob sie verzögerte Entwickelungsstadien, oder vielleicht weiter vorgerückte Umbildungen darstellen, musste ich unermittelt lassen.

Die Schwärmerbildung scheint von der vorangehenden Copulation im hohen Grade abhängig zu sein. Die Fähigkeit zweier Noctiluken, in einen Körper zu verschmelzen, verdient daher einer besonderen Berücksichtigung.

4) Die Copulation findet statt nicht nur zwischen normal gebauten, sondern auch zwischen eingekugelten Individuen. Im letzten Falle legen sich die in Vereinigung tretenden Noctiluken mit den dem Nucleus am nächsten liegenden Theilen fest aneinander (Fig. 46). Nach Verlauf von 1—2 Stunden sieht man schon in der Berührungsstelle eine oder mehrere kleine Oeffnungen, durch welche Protoplasmastränge sich hinziehen, die Inhalte der sich copulirenden Thiere vereinigend (Fig. 23). Allmählig schreitet nun das Auflösen der Berührungswände vom Centrum zu der Peripherie fort — wir erhalten die bekannte Bisquitform (Fig. 47). Nimmt die Auflösung an einer Seite überhand, dann bekommt man eine gelappte Form, die zuletzt wie auch die erste ausgeglichen wird, so dass schliesslich das Produkt der Copulation blos durch grösseren Umfang von den gewöhnlichen Individuen sich unterscheidet. Unregelmässige Formen der Copulationsprodukte kamen zum Vorschein, besonders dann wenn der Versuchstropfen sehr viele, durch gegenseitigen Druck polygonale Exemplare enthielt (Fig. 49, 50, 51). Auch der Inhalt der verschmolzenen Individuen zeigt nichts auffallendes: die Nuclei bleiben gesondert oder vereinigen sich in einen Körper. Der Vorgang der Copulation bleibt wesentlich derselbe bei nicht eingekugelten Individuen. — Diese legen sich behuf des Zusammen-

fliessens mit ihren Ausschnitten aneinander. Während der Vereinigung werden die Vertiefungen immer seichter, die Geisseln fallen ab, oder werden nach und nach eingezogen — und die protoplasmatische Verbindungsbrücke von einem Inhalte zum andern hergestellt — darauf folgt die allmählige Auflösung der Berührungswände.

Bei Betrachtung dieser Verschmelzungs-Erscheinungen zweier Individuen drängt sich die Frage unwillkürlich auf, welche Bedeutung hat die Copulation für das Leben der Noctiluca: bedingt sie die Zoosporen-Bildung, soll man sie als einen Befruchtungsakt auffassen? Folgende Thatsachen und Erörterungen scheinen mir die Lösung dieser Fragen in nahe Aussicht zu stellen.

Durch ein sehr reiches Untersuchungsmaterial, welches ich in der Nähe meiner Wohnung (Sredni Fontan, bei Odessa) fand, begünstigt, habe ich sehr oft Gelegenheit gehabt, die Copulation lückenlos zu verfolgen und die Vereinigungsproducte ein paar Tage in hängendem Tropfen in feuchter Kammer zu beobachten, was bei meinen ersten Untersuchungen nicht gelingen wollte. Trotzdem habe ich bis jetzt an den aus zwei Noctiluken entstandenen Individuen keine Veränderung wahrgenommen, die als Beginn der Zoosporen-Entwickelung zu deuten wären; die Copulationsprodukte, so wie die gewöhnlichen Individuen blieben während 3 Tagen unverändert, wurden blass, inhaltarm und gingen schliesslich zu Grunde. Nichtsdestoweniger sprechen die gelappten Formen der meisten scheibentragenden Blasen, ihre bedeutende Grösse beweisend für ihren Zusammenhang mit Copulationsprodukten — geeignetere Kulturversuche werden hoffentlich günstigere Erfolge geben.

Zu der Frage übergehend, inwiefern das Verschmelzen zweier Noctiluken als ein Befruchtungsakt anzusehen sei, ist besonders darauf Gewicht zu legen, dass die copulirenden Individuen weder in Form und Grösse, noch in histologischer Hinsicht die geringsten Differenzen aufweisen. Wenn wir nun, um analoge Fälle aufzusuchen, uns an die niederen Classen des Pflanzenreiches wenden, so begegnen wir hier identischen Erscheinungen im ausgedehntesten Massstabe. Die Copulation der Desmidiaceen, Diatomaceen, Mucorineen, die Paarung der Zoosporen bei Volvocineen, Ulotricheen u. d. g. sind von den meisten Botanikern als ein in der einfachsten Form auftretender Befruchtungsakt aufgefasst. Obwohl es auch feststeht, dass die Fécundation, wo sie direkt der Beobachtung zu-

gänglich war, in dem Verschmelzen der Geschlechtselemente besteht, so folgt daraus freilich noch nicht, dass die Copulation zweier protoplasmatischer Wesen, oder einzelliger Organismen schon einen Geschlechtsakt vorstellt. Es ist sehr wahrscheinlich, dass im einfachsten Falle der Befruchtungsprocess in der Verschmelzung zweier, histologisch nicht zu unterscheidender Geschlechtselemente besteht, indessen ist die Existenz einer solchen vereinfachten Föcundation zur Zeit nicht streng bewiesen. Bei Beurtheilung dieser Frage kann man von zwei Gesichtspunkten sich leiten lassen. Erstens ist nicht zu leugnen, dass eine jede Function in der Organismen-Reihe immer einfacher wird, zu einem Minimum sinkt und zuletzt ganz erlischt. Von dieser Seite betrachtet wäre die Copulation zweier morphologisch und histologisch gleichwerthigen nackten oder eingehüllten Zellen als einfacher Geschlechtsakt zu deuten. Zweitens aber giebt es eine Reihe von Verschmelzungserscheinungen bei niedrigen Organismen, die den Gedanken an eine Befruchtung ganz beseitigen. So z. B. kann man auf künstlichem Wege zwei und mehrere Actinosphaerien in einen Körper zusammenfliessen lassen; tausende von Myxomyceten-Zoosporen verschmelzen bei normalem Gange der Entwickelung in eine bewegliche Protoplasmamasse, in das Plasmodium, welches dann einen oder mehrere Sporangien hervorbringt. Dieses Verschmelzen ist indessea für die Fructification nicht unbedingt nothwendig, sie beschleunigt sie nur im hohen Grade. Eine Zoospore kann, wie Häckel [1]) zuerst für die Protomyxa (aus der mit Myxomyceten verwandten Moneren-Gruppe) zeigte, bei günstiger Ernährung ein Plasmodium bilden — was einzelne Zoosporen mühsam und lang erreichen, wird von vielen auf kürzerem Wege viel schneller erworben. Das Verschmelzen zweier und mehrerer Individuen bei niederen Lebensformen, wenn sie auch zu Fruktifikation oder zu Ruhezuständen führt, dürfte demnach als eine beschleunigte Ernährung aufzufassen sein. Fälle, wo zwei gleichwerthige histologische Elemente verschmelzen, können nur dann als Befruchtungsakt gelten, wenn man durch Experiment im Stande ist, zu beweisen, dass beim Ausschluss eines der copulirenden Glieder die Bildung der Frucht oder Spore ausbleibt. So ein Beweis ist für Diatomaceen, Desmidiaceen, Volvocineen (bei neulich beobachteter Paarung der Zoospooren) Ciliaten, Flagellaten, wo man eine einfache Be-

1) Monographie der Moneren.

fruchtung annimmt, noch nicht geführt worden. Um auf die Noctiluca zurückzukommen, ist nach dem Gesagten selbstverständlich, dass ihre Copulation in die Reihe solcher Verschmelzungserscheinungen gehört, die eine beschleunigte Assimilation bezwecken und mit dem Geschlechtsakte in keiner Beziehung stehen.

5. Die systematische Stellung der Noctiluca war lange Zeit unbestimmt Man suchte sie den Rhizopoden, den Medusen, zuletzt den Infusorien einzureihen. Die von Quatrefages zuerst erkannte sarcodische Natur des Noctiluca-Inhaltes, die darauf von Krohn entdeckte Cilie und zuletzt von mir aufgefundenen bewimperten Zoosporen sichern der Noctiluca einen Platz in der Klasse der Flagellaten, wo sie, ihrer quergestreiften Geissel wegen, eine besondere Gruppe bilden dürfte.

6) Ich werde zuletzt die in meiner ersten Arbeit und in vorliegendem Aufsatze gewonnenen Resultate übersichtlich zusammenstellen:

1) Die Cilie der Noctiluca ist an eine flügelartige Lippe nicht an der Basis des Zahnes, sondern in der Gegend seiner Spitze angeheftet. 2) Der Inhalt der Kerne ist zeitweise in Formänderung begriffen; die Zweige und Strahlen dieses Inhaltes wurden als Nucleoli gedeutet. 3) Durch Einziehen oder Abstreifen der Geissel, durch Verschwinden des Staborgans und Verschmelzen der Lappen verwandelt sich die Noctiluca in eine glatte Kugel. 4) Die von Busch entdeckten, als junge Noctiluken gedeutete Formen, entstehen bei Verletzungen dieser Thiere und sind nichts anderes als in Regeneration begriffene Theile des lebensfähigen Protoplasma. 5) An den eingekugelten Noctiluken bilden sich zahlreiche in einen Schild vereinigte Zoosporen. Sie entstehen durch Ausstülpungen und Abschnürungen der Mutterblase, von der sie sich schliesslich trennen und vermittelst einer langen Cilie munter im Wasser herum schwimmen. 6) Bei der Noctiluca ist eine Copulation vorhanden. Durch die so bewirkte Anhäufung des Protoplasma scheint sich die Zoosporenbildung zu beschleunigen. Ein Geschlechtsakt ist hier ebensowenig, wie bei dem Zusammenfliessen vieler Mytomycetenzoosporen vorhanden. 7) Die Noctiluca ist in die Klasse der Flagellaten, wo sie eine besondere Gruppe repräsentirt, zu stellen.

16. Juni 1872.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. III, IV, V.

In allen Figuren bedeutet: g die Geissel; b ihre langen Stützborsten; f ihre kürzere Borste; z den Zahn; s das Staborgan.

Tafel III.

Fig. 1. Seitenansicht der Stelle der Noctiluca-Bucht, in welcher der Zahn und die Geissel befestigt sind (140).

Fig. 2. Gegenseitige Lage der Organe der Noctiluca (140).

Fig. 3. Seitenansicht der Bucht, an deren Wand der Zahn sich anschmiegt, der Griff des letzten c geht ununterbrochen in die kürzere Borste f über (480).

Fig. 4. Der Zahn und die Geissel mit ihren Stützborsten (180).

Fig. 5. Die Wand, an welche der Zahn sich anlehnt, ist in a stark verdickt und scheinbar mit seiner Lamelle in einen Körper vereinigt (480).

Fig. 6. Durch Verschiebung der Noctiluca-Oberfläche veränderte gegenseitige Lage der Organe; l die Lippe (180).

Fig. 7. l die oberhalb der Zahnlamelle gelegene Lippe, von welcher die Wimper w entspringt; n nucleus (480).

Fig. 8—11. Die Lage der Kanten (Staborgan) (140).

Fig. 12. Die Formänderungen des Nucleus-Inhalts (760).

Fig. 13. Das allmählige Verschwinden der Geissel (140).

Fig. 15. Die eingekugelte Noctiluca (180).

Fig. 16. Die Anschwellung der Geissel während ihres Einziehens (180).

Fig. 17. Kugelförmige Körper mit einem Nucleus in einer gefalteten Noctiluca-Blase, von Metschnikoff beobachtet.

Tafel IV.

Fig. 18—19. Vom Prof. Metschnikoff gefundene mit den von Busch entdeckten gleichwerthige Bildungen (140).

Fig. 20—21. Nach Verletzung stattfindende Regenerations-Erscheinungen der Noctiluca (50).

Fig. 25—28. Die ersten Stadien der Schwärmerentwickelung: der Inhalt theilt sich in 2, 4, 8 und mehrere Theile (50).

Fig. 29. Eine junge Scheibe mit wenigen Fortsätzen (50).

Fig. 30. Eingekugelte Noctiluca mit 2 Inhaltspartien (180).

Fig. 31. Eine sehr frühe aus 4 Hügeln bestehende Entwickelungsstufe der Scheibe (180).

Fig. 32—33. Junge Scheiben aus 8 und 16 Hügeln.

Fig. 34. Die Hügel, so wie die Fortsätze sind Ausstülpungen der Noctiluca-Blase (180).

Fig. 35. Die Fortsätze: o, a in einer jungen Scheibe haben sich nach einer halben Stunde in o', a' verwandelt (180).

Fig. 36. A eine Hügelgruppe aus einer jungen Scheibe, B dieselbe nach Verlauf einer Stunde (180).

Tafel V.

Fig. 37. Der erste Hügelkranz bei der Entwickelung einer aus zahlreichen Zoosporen bestehenden Scheibe (180).

Fig. 38—43. Die Zoospore: k der Kopftheil; s der Stachel; w die Wimper; a das Anhängsel; n der Nucleus (480).

Fig. 44—45. Abnorme Schwärmer (480).

Fig. 46. Zwei zur Copulation sich anschickende Individuen (50).

Fig. 47. Beginn der Copulation (140).

Fig. 48—49. Durch Copulation entstandene Formen (50).

Fig. 50. Beginn der Verschmelzung (50).

Fig. 51. Vollendete Copulation (50).

Fig. 52. Ein kleines Exemplar der eingekugelten Noctiluca.

Die lymphoiden Drüsen auf der Oberfläche des Störherzens.

Von

Dr. **Richard Hertwig.**

Hierzu Taf. VI.

Das erste Auftreten des Lymphgefässsystems bei den niederen Wirbelthieren beweist, dass es sich hier um eine Bildung handelt, welche meist in innigster Beziehung zu der tunica adventitia der Blutgefässe steht. Bei Fischen, Amphibien und Reptilien liegen die meisten grösseren Arterien und Venen inmitten lymphatischer Hohlräume, welche von Trabekeln durchsetzt werden und aus einer Umwandlung der Adventitia entstehen. Auch bei den höheren Wirbelthieren ist diese innige, offenbar auf tieferer funktioneller Verwandtschaft beruhende Lagerung von Lymph- und Blutgefässen vielfach erhalten. Besonders auffallend tritt uns dies in der Milz entgegen, einem Organ, welches sich mit so merkwürdiger Constanz von den Petromyzonten an in der ganzen Reihe der Wirbelthiere erhalten hat und überall wesentlich gleiche Struktur besitzt. Hier fliesst ein Lymphstrom in Bahnen, welche zu einem lockeren Netzwerk um die Blutgefässe angeordnet sind, in der zu spongiösem Bindegewebe umgewandelten Arterienscheide. Auch an anderen Orten scheinen sich perivasculäre Lymphräume in der Reihe der Wirbelthiere bis zum Menschen hinauf erhalten zu haben, wie z. B. die auf das Gehirn und Rückenmark sich beziehenden Beobachtungen von His [1]), die auf die Leber bezüglichen von Mac Gillavry [2]) beweisen.

Entsprechend dem Vorkommen der Lymphgefässe scheinen sich auch die Lymphdrüsen zuerst in der Adventitia der Blutgefässe entwickelt zu haben. Auch hierfür können wir als ein sprechendes Beispiel die Milz anführen, die phylogenetisch älteste aller

1) Zeitschrift f. wiss. Zoologie B. 15 S. 127.

2) Sitzungsberichte der Wiener Akad. d. Wissensch. 1864.

lymphoiden Drüsen. Die in ihren Arterienscheiden eingelagerten Lymphfollikel, die Malpighischen Körperchen, sind wohl unzweifelhaft die ersten sicheren Lymphdrüsen und haben sich unverändert in allen Wirbelthierklassen bis zum Menschen aufwärts erhalten. Nach Leydig [1]) umgeben Lymphfollikel auch die Verästelungen der Pfortader bei Trigla hirudo und Dactyloptera volitans und dringen bei Cobitis fossilis mit jenen selbst in das Parenchym der Leber hinein.

Unter diesen Umständen muss ein Organ das höchste Interesse des vergleichenden Anatomen erregen, welches das Herz der Störe bedeckt und von den meisten Forschern, die es bisher untersucht haben, namentlich von Joh. Müller [2]), Stannius [3]) und Leydig [4]) mit dem Lymphgefässsysten in Verbindung gebracht wurde. Bei dem unzweifelhaft enorm hohen Alter, welches die Störe als Panzerganoiden in der Entwicklungsreihe der Wirbelthiere besitzen und der vollen Berechtigung der Annahme, dass wir in den Stören direkte Abkömmlinge der ältesten Fische besitzen, welche überhaupt unseren Erdball bewohnten, muss uns jede Organisationseigenthümlichkeit dieser Thiere aufs Höchste interessiren. Somit ergriff ich mit Freuden die Gelegenheit, welche sich mir bot, ein von Herrn Geh. Rath M. Schultze frisch in eine Lösung von Kali bichromicum gelegtes Herz eines grossen ausgewachsenen Acipenser sturio einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen. Zur Vervollständigung meiner Untersuchungen benutzte ich einige in Spiritus und eine Anzahl ebenfalls in Kali bichromicum aufbewahrter Herzen derselben Species, die ich mir aus Hamburg und Bremen verschaffte.

Oeffnet man den Herzbeutel eines erwachsenen Störs, so findet man, dass das Herz nicht wie bei anderen Thieren mit glatter muskulöser Wandung zu Tage liegt, sondern eine unregelmässig höckrige Oberfläche besitzt, welche dem Organ ein fremdartiges, drüsiges Aussehen verleiht. Die eigenthümliche Beschaffenheit wird dadurch bedingt, dass der Herzmuskel von vielen Höckern bedeckt ist, welche durch Furchen mehr oder minder scharf von einander getrennt werden und in Form und Grösse sich mannig-

---

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1854 S. 323.

2) Ueber den Bau und die Grenzen der Ganoiden S. 138 Anm.

3) Lehrbuch d. vergl. Anat. 1846, S. 109 Anm. 3.

4) Anatom.-histolog. Untersuchungen über Fische und Reptilien S. 23.

fach unterscheiden (vergl. Fig. 1). Die kleinsten derselben sind erbsengross und darunter. Ihre Oberfläche ist glatt und kugelig abgerundet. Die grössten von ihnen erreichen einen drei- bis vierfachen Umfang, sie sind nicht so gewölbt wie die kleineren, sondern besitzen eine nur mässig gekrümmte, eher eben zu nennende Oberfläche. Häufig gehen vom Rande Einkerbungen in sie hinein, oder Furchen, die nach der Mitte zu sich verflachen, trennen sie unvollkommen in kleinere Abschnitte. Hierdurch gewinnt solch ein grösserer Körper einen unregelmässig gelappten Bau. Zwischen den grossen gelappten Massen und den kleinen runden Höckern finden sich alle möglichen Uebergangsformen vor. Im frischen Zustande variirt das Aussehen der Höcker je nach ihrer Turgescenz, welche abhängt von der Füllung mit einer klaren, lymphatischen Flüssigkeit. Stannius vergleicht die Bildung geradezu einem bullösen Hautausschlag. An erhärteten Herzen, deren ich eins in Fig. 1 abgebildet habe, sind sämmtliche grössere Höcker abgeflacht.

Untersuchen wir genauer, in welcher Weise die Substanz auf der Herzoberfläche vertheilt ist, so ergiebt sich bei Vergleichung einer grösseren Anzahl verschiedener Herzen, dass einzelne Theile fast constant von der beschriebenen Masse nicht bedeckt werden. Vor Allem ist hier der Vorhof zu nennen, welcher in der Regel frei ist und nur ganz ausnahmsweise kleine Drüsenhöcker trägt[1]). Ferner ist die mittlere Partie der Rückenfläche der Herzkammer unbedeckt[2]). Die Höcker schneiden hier mit einer den seitlichen Herzkanten parallel verlaufenden Linie scharf gegen das an dieser Stelle meist reichlich entwickelte subseröse Fettgewebe ab.

Ausserdem bleiben bei den einzelnen Individuen wechselnd bald auf der rechten bald auf der linken ventralen Fläche der Herzkammer und des Conus arteriosus einzelne Stellen des Herzfleisches unbedeckt[3]). Selten ist die Drüsensubstanz so mächtig entwickelt, dass sie, wie ich nur an einem Exemplare fand, ausser den beiden zuerst genannten Stellen des Vorhofs und der Rückenfläche der Kammer die gesammte Herzoberfläche überzieht. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Kanten, die ventrale und die beiden dorsalen, Lieblingssitz des merkwürdigen Organs sind. Hier kann die Drüsensubstanz eine Mächtigkeit von fast einem Zoll erreichen, während sie sonst nur eine Lage von etwa einem viertel Zoll Stärke bildet.

---

1) Fig. 1, e. 2) Fig. 1, f. 3) Fig. 1, g.

Bemerkenswerth ist noch, dass auch an dem parietalen Blatt des Pericards vereinzelte an Stielen hängende Knötchen angetroffen werden, welche ebenfalls unserem Organ zuzurechnen sind; desgleichen, wie schon Joh. Müller [1]) und Leydig [2]) mittheilten, inmitten eines Canals, welcher hinter dem Venensinus herabsteigt und eine Communikation zwischen Peritonealsack und Höhle des Herzbeutels darstellt.

Gehen wir jetzt auf den Bau der einzelnen Höckerchen näher ein. Beim Einschneiden in dieselben quillt eine wolkig getrübte Flüssigkeit hervor, in der sich bei mikroskopischer Untersuchung zellige Elemente nachweisen lassen. Vor Allem fällt der grosse Reichthum an Lymphkörperchen auf, Zellen mit grossem Kern und einem spärlichen Saum körnigen Protoplasmas. Zwischen ihnen schwimmen grössere und kleinere Endothelplatten herum, die durch Einwirkung des Kali bichromicum von ihrer Unterlage frei geworden sind.

Ausser diesem flüssigen Inhalt unterscheidet man an jedem Höckerchen eine Umhüllungsmembran und ein von dieser umschlossenes weiches blutreiches Gewebe. Das Verhältniss dieser Theile zueinander und zu der Muskelsubstanz des Herzens lässt sich deutlich übersehen an Schnitten, welche, wie der in Fig. 2 abgebildete, das Herz senkrecht auf die Oberfläche und die Längsaxe theilen. Eine Anzahl der Art durch das ganze Herz gefertigter Schnitte zerlegt dasselbe in Scheiben, welche auf ihrer Oberfläche mehr oder minder vollständig von den drüsigen Höckern bedeckt sind. Die Muskelsubstanz zeigt sich überall von dem Pericardium viscerale überzogen, welches an einigen Stellen durch Fettablagerung verdickt ist (Fig. 2, d). Auch unter den drüsigen Höckern ist das Pericardium als eine zarte gewöhnlich fettfreie Bindesubstanzlage nachweisbar und grenzt die Muskeln vollständig scharf von den in Rede stehenden Gebilden ab. Aus dieser Haut erhebt sich als eine Abzweigung derselben die Umhüllungsmembran der Höcker (Fig. 2 u. 3 Um), so dass die ganzen Gebilde im Wesentlichen auch als eine Verdickung des Pericardium aufgefasst werden können, in welcher lymphartige Flüssigkeit und Drüsengewebe enthalten ist. Die Flüssigkeit kann durch eine Injectionsmasse vermittelst Einstich-Injection verdrängt werden. In diesem Falle zeigt sich, dass benachbarte Höcker untereinander in Communication stehen. Aus dieser Haut erhebt sich ferner eine

grössere oder geringere Zahl von Bindegewebssträngen, an welchen wie an Stielen die drüsigen Massen ansitzen, oder welche das Drüsengewebe durchsetzen und an den verschiedensten Stellen mit der inneren Oberfläche der Umhüllungshaut verwachsen. Einzelne dieser Stiele sind von sehr ansehnlicher Dicke, an ihrer Basis mit Fett durchwachsen und in ihrer Ausbreitung im Drüsengewebe vielfach verästelt. Die von verschiedenen Stielen und Balken ausgehenden Aeste verschmelzen innerhalb eines Höckers auch häufig miteinander. Im Allgemeinen jedoch lässt sich das Verhältniss der Stiele zur Drüsensubstanz auffassen, wie der Stamm eines Baumes zu seinen Aesten und Blättern, und zeigt die Drüsenmasse den Verästelungen der Stiele entsprechend auch an der Oberfläche einen mehr oder minder deutlich ausgesprochenen lappigen Bau.

Schon die Anwendung schwacher Vergrösserungen lehrt, dass das einzelne Läppchen kein solides Ganze ist, sondern sich aus einer Anzahl sehr verschiedenartig gebildeter Theile aufbaut. An Stellen, wo Trabekel eindringen und in Verbindung mit Zweigen derselben, liegen breite, unregelmässig geformte Massen, welche den festen Grundstock des Läppchens bilden. Aus ihnen erheben sich cylindrische Stränge, welche dem Gewebe ein charakteristisches Gepräge verleihen. An einzelnen Stellen sich verschmälernd, an anderen kolbig angeschwollen oder mit kugeligen Auswüchsen bedeckt, verästeln sie sich bald baumartig, bald verbinden sie sich in mäandrisch gewundener Anordnung zu einem engmaschigen Netzwerk[1]). Zwischen ihnen bleiben schmale, spaltförmige Lücken übrig, welche mit dem die drüsige Masse umhüllenden Raum und den zwischen die Läppchen eindringenden Spalten überall, wie die Injection mittels Einstichs als auch die Betrachtung dünner Schnitte lehrt, in direkter Verbindung stehen. An den Strängen sitzen ferner, durch dünne Stiele befestigt, mikroskopisch kleine kugelige Körperchen[2]). Dieselben suchen mit Vorliebe die den Anheftungsstellen der Trabekeln abgewandten Drüsenpartieen auf, die Spitzen baumartiger Verästelungen, die Grenzen der Drüsenläppchen etc. und bilden hier in dicht gedrängter Anordnung einen Saum, wie wir später sehen werden, eine Zone des Wachsthums, von der die Anbildung neuer Stränge erfolgt.

Nachdem wir uns so ein Bild von der Anordnung der einzelnen

1) Fig. 3. 2) Fig. 3, k.

Theile des drüsigen Organs entworfen haben, können wir auf eine genauere Darlegung der histiologischen Verhältnisse eingehen.

Hierbei ist zunächst zu bemerken, dass der Hohlraum, welcher unter der Umhüllungsmembran beginnt und zwischen das Netz der Stränge hinein sich fortsetzt, allseitig von einem Endothel ausgekleidet ist, welches somit die Oberfläche des Herzmuskels, die Innenwand der Umhüllungshaut, die Oberflächen der Kolben, Stränge und Netze mit einem continuirlichen einschichtigen Zellenüberzug versieht. Das Endothel besteht, wie die meisten Endothelien, aus einer Lage dünner, platter Zellen, welche an macerirten und auch an den in Kali bichromicum conservirten Präparaten leicht im Zusammenhang abfallen. Sie besitzen einen grossen, runden Zellkern mit kleinem punktförmigen Kernkörperchen, welcher sich schwach mit Carmin imbibirt, während die übrige Zellsubstanz ungefärbt bleibt. Die Grösse der Zellen ist erheblichen Schwankungen unterworfen [1]). An einzelnen Stellen bilden sie grosse polyedrische Platten, an anderen sind sie wieder so klein, dass die Zellsubstanz nur noch einen schmalen Ring um den grossen Zellkern bildet. Ebenso sehr schwankt der Dickendurchmesser der Zellen. Derselbe kann so gering werden, dass die Zelle im Profil als ein schmaler Streif erscheint, in dem der Kern eine buckelförmige Erhebung bedingt [2]), andererseits um so viel zunehmen, dass derselbe genügenden Platz in ihr findet und sogar noch von einer schmalen Lage Zellsubstanz überzogen wird.

Zwischen den Endothelzellen kommen bemerkenswerthe Gebilde vor, Zellen, deren Körper eine siegelringähnliche Figur besitzt, indem der Reif an der einen Seite eine den Kern tragende Anschwellung besitzt. Häufig sieht man ausserdem Endothelien mit zwei und mehr Kernen und ferner solche, denen zu Ballen vereinte und fest verwachsene Lymphkörperchen innigst anhängen. Endlich sieht man dann und wann Endothelzellen, welche Fortsätze aussenden, in deren Winkel Lymphkörperchen eingebettet sind. Vielleicht ist auch hier, wie es von Recklinghausen, Ludwig und Kölliker [3]) für das Endothel der Bauchhöhle wahrscheinlich gemacht haben, das Endothel ein Sitz der Production von Lymphkörperchen.

Die Umhüllungshaut sowie die Scheidewände und Trabekeln bestehen aus einem feinfaserigen Bindegewebe, in dem bei Zusatz von

1) Fig. 11 u. 12. 2) Fig. 9.

3) Handbuch d. Gewebelehre des Menschen S. 603.

Essigsäure ein Netzwerk zarter elastischer Fasern sichtbar wird. Die feinen Bindegewebsfasern sind in grösserer Anzahl zu breiteren, gewellten, stark lichtbrechenden Zügen, welche der Oberfläche der Umhüllungshaut parallel angeordnet sind, vereint. Von zelligen Elementen finden sich ausser den spindelförmigen Bindegewebszellen mit ihrem grossen, ovalen Kern hier und da kleine Anhäufungen von runden, grosskernigen Lymphkörperchen und eigenthümliche an Grösse die letzteren übertreffende runde Zellen, welche mit gelbbraunen Pigmentkörnchen dicht vollgepfropft sind und desshalb schon bei schwachen Vergrösserungen als dunkle Punkte auffallen. Glatte Muskeln, welche so häufig in dem bindegewebigen Stützapparat lymphoider Organe eingestreut sind, oder gar quergestreifte, wie Stannius annimmt, habe ich nirgends auffinden können. Dagegen muss ich noch merkwürdige concrementartige Körper hier erwähnen, welche an manchen Stellen namentlich der Oberfläche der Herzmuskulatur in den Bindegewebsbalken dicht angehäuft sind und dann dem Gewebe eine gelblich-weisse Farbe verleihen. Sie bestehen aus einzelnen unregelmässig kugeligen, das Licht stark brechenden krystallinischen Körpern, deren eine grössere Anzahl zu einer brombeerähnlichen Masse vereint werden. Ihr chemisches Verhalten erweist sie als Fett. Sie sind indifferent gegen Säuren, werden durch Kalilauge in charakteristischer Weise verändert, indem grosse Oeltropfen ähnelnde Kugeln aus ihnen hervorquellen, sind wenig in Alkohol, leichter in einem Gemische von Alkohol und Aether löslich. Gelöst hinterlassen sie ein ihnen zu Grunde liegendes Stroma, das wie zerknitterte Membranen aussieht. Sind die Concretionen herausgefallen, so erblickt man ein zierliches Gerüst von Bindegewebsbälkchen, in dem sie eingebettet lagen, in welchem auch ausserdem gewöhnliche Fettablagerungen vorkommen.

An den Verästelungen der Stiele wandelt sich das Bindegewebe zu der Gewebsform der Drüsensubstanz, welche der spongiösen Bindesubstanz zugerechnet werden muss, allmählich um. Dieser Uebergang wird von einer reichlicheren Anhäufung lymphkörperähnlicher Elemente und der beschriebenen Pigmentkugeln begleitet. Es entstehen so mit Zellen gefüllte Bindegewebslücken, welche entsprechend dem Faserverlauf des Bindegewebes gestreckte oblonge Formen annehmen. Die faserige Beschaffenheit schwindet allmählich, die Reste der Intercellularsubstanz, welche die Maschen trennen, werden zu schmalen Balken und es entsteht das Bild des Reticulums,

welches die Grundsubstanz der grossen vielgestaltigen Massen und ihrer ersten Seitensprossen bildet. An Präparaten, an denen die Lymphkörperchen durch Schütteln oder Pinseln zum Theil entfernt waren, stellt dasselbe ein Maschenwerk verschieden dicker, hellglänzender, homogener Bälkchen dar, welche ein nach allen Richtungen des Raumes gleichmässig entwickeltes Lückensystem zwischen sich frei lassen (Fig. 4).

Dieselben Uebergangsstufen von fibrillärem in spongiöses Bindegewebe kann man in der Umgebung von grösseren Blutgefässen nachweisen, in deren Umfang dann die Bindegewebsmaschen dem Gefässlumen concentrisch angeordnet sind. Sie stimmen mit den Schilderungen überein, welche W. Müller [1]) von der allmählichen reticulären Umwandlung des Bindegewebes der Arterienscheiden der Milz giebt.

Durch weitere Verfeinerung der Maschen des spongiösen Gewebes entsteht das Reticulum der mäandrisch gewundenen Stränge und Kolben, welche den Haupttheil der weichen Drüsenmasse bilden. Die zahlreichen Kerne derselben (Fig. 5) sind oval und schwach granulirt. Sie setzen sich nicht so scharf wie die locker eingelagerten Lymphkörperchen von den Balken des Reticulums ab und unterscheiden sich hierdurch sowohl als wie durch ihre charakteristische Formen von etwa zurückgebliebenen Lymphkörperchen, welche einen runden Kern besitzen. Wie in allen reticulären Bindesubstanzen nehmen sie mit Vorliebe Punkte ein, von denen eine grössere Anzahl Bälkchen nach allen Seiten ausstrahlt.

An durch Auspinseln von Lymphkörperchen befreiten dünnen Schnitten sieht man in Innern der in den verschiedensten Richtungen getroffenen Stränge gewöhnlich central und von charakteristisch gelagerten Kernen umgeben Gefässlumina. Das Reticulum verhält sich zu ihnen wie eine gewaltig verdickte Adventitia. Die Bildung gleicht vollkommen derjenigen, wie wir sie aus der Marksubstanz der Lymphdrüsen kennen, mit welcher die Anordnung und der Bau der Stränge dem Obigen zufolge die grösste Aehnlichkeit besitzt.

Dagegen weichen von diesen im Bau ab gewisse, meist die Oberfläche der Drüsenmassen dicht unter der Umhüllungshaut einnehmende Stränge und Zotten, deren oben bereits Erwähnung gethan wurde (Fig. 3, l k). Mit dem Bau dieser zottenförmigen

1) Strickers Handbuch der Lehre v. d. Geweben S. 255.

Gebilde, welche an der Oberfläche der Lappen sich zu einem hellen Saum zusammendrängen und deren reiche Entwicklung an jugendlichen Herzen ein vortreffliches Untersuchungsmaterial an die Hand giebt, habe ich mich ausführlicher beschäftigt in der Hoffnung, von ihnen Aufschluss über die Entwicklung des Reticulums zu erhalten, da sie offenbar die ersten Anlagen der Drüsensubstanz sind. Die Zotten fallen durch ihre Durchsichtigkeit auf, welche durch die Armuth an Zellen bedingt wird. Sie sitzen an dünnen Stielchen, bedeckt von einem Endothel, das sich durch die Dünne seiner Zellplatten auszeichnet (Fig. 9). Die Grundsubstanz ist eine homogene, in Carmin sich nur wenig färbende Masse. In derselben liegen kleine, meist rundliche mit einem relativ grossen Kerne ausgestattete spärliche Zellen. Das Gewebe würde im Aussehen dem Knorpel verglichen werden können, hat aber gallertige Consistenz (Fig. 6). Die Zellen nehmen hier und da auch spindelige oder sternförmige Formen an, deren Ausläufer zu einem protoplasmatischen zarten Netze, verschmelzen, ähnlich den Sternzellen des Schleimgewebes und der Wharton'schen Sulze (Fig. 7). Die Grundsubstanz nimmt dann ein eigenthümlich glasiges Aussehen an, als ob Erweichungsvorgänge in ihm Statt fänden. Es ist mir jedoch nicht gelungen, von diesem Gewebe aus deutliche Uebergangsformen zum lymphoiden Reticulum zu gewinnen, da das geschilderte Gewebe scharf gegen die Substanz der Stränge abschneidet. So verlockend es erscheinen könnte, das lymphoide Reticulum aus einer unmittelbaren Metamorphose des ursprünglichen Zellennetzes, einer Einschmelzung der hyalinen Grundsubstanz und einer Infiltration der entstehenden Gewebslücken mit Lymphkörperchen abzuleiten, so muss ich doch hier betonen, dass meine Beobachtungen nicht zur Entscheidung dieser wichtigen Frage ausreichen, namentlich aber nicht die Möglichkeit ausschliessen, dass diese Zellnetze durch Vermehrung ihrer Elemente die ja ebenfalls netzartig angeordneten Lymphkörperchenstränge bilden, in welchem Falle das Reticulum aus einem theilweisen Schwund und einer Verdichtung des Restes der Grundsubstanz entstehen würde.

Seine Blutgefässe bezieht das Organ aus zwei Quellen: aus der Arteria coronaria und aus Gefässen, welche nach Stannius Angaben aus dem Stromgebiet der A. mammaria stammen. Die unpaare rechtsseitig gelegene A. coronaria entspringt nach der Schilderung desselben Forschers aus dem arteriellen Theil des dritten Kiemen-

bogens. Sie steigt an dem Arterienstiel herab und theilt sich ungefähr da, wo die Drüse beginnt, in zwei Hauptstämme. Der eine derselben verläuft im Sulcus coronarius auf der hinteren Herzfläche und gelangt bis zur linken Kante des Herzens. Er versorgt diejenigen Drüsentheile, welche im Sulcus und auf der linken Seite liegen; der andere steigt an der rechten Kante herab, um in dem übrig bleibenden Theil des Organs sich zu verbreiten. Beide Aeste geben ausserdem reichliche Gefässe an die Herzmusculatur ab und bilden Anastomosen mit den zum Herzen gelangenden Zweigen der A. mammaria. Letztere scheinen mir die für die Ernährung der Drüse bei weitem wichtigsten Gefässe zu sein. Sie verlaufen in zwei breiten Strängen, welche auch durch eine Anzahl kleinerer ersetzt werden können und die ausser den Arterien noch die rückführenden Venen umschliessen. Diese Stränge sind meist ebenfalls von Drüsenlappen umgeben. Sie steigen von den oberen Partien der hinteren Fläche der Herzkammer zum Venensinus empor, den Herzbeutel quer durchsetzend (Fig. 1, v). Alle Arterien mögen sie aus dem einen oder anderen Stromgebiet stammen, verästeln sich in wesentlich gleichartiger Weise auf der Oberfläche des Herzens, in den Septen und in der Umhüllungshaut. Von hier aus dringen sie in die dicken bindegewebigen Trabekeln und Stiele, und gelangen von hier aus in das Innere der lymphoiden Stränge und Netze, woselbst ihre centrale Verlaufsweise oben geschildert wurde. Die jüngeren zottenförmigen und kugeligen, homogen erscheinenden Auswüchse sind gefässlos. Erst mit der Umwandlung derselben in spongiöses Bindegewebe treten in ihnen Capillaren auf. Eine Injection der die Stränge durchziehenden arteriellen Capillaren ist mir an den in Kali bichromicum aufbewahrten Herzen nicht möglich gewesen. Dennoch glaube ich über den Verlauf derselben im Wesentlichen orientirt zu sein. Die Angaben von J. Müller und Leydig, welche ebenfalls an nicht injicirten Herzen gearbeitet haben, von Gefässknäuel und Glomeruli, welche wesentlich aus Capillaren bestehen sollen, werden der Berichtigung bedürfen. Wahrscheinlich hat der locker spongiöse Bau des Organs mit den in die Lymphräume ragenden Placentarzotten ähnlichen Gebilden zu der gedachten Annahme Veranlassung gegeben.

Die beiden zurückführenden Venen gelangen in den oben beschriebenen Strängen zu dem Venensinus, in den sie getrennt einmünden. Bei ihrer Injection gelang es mir an einem frisch von Ham-

burg bezogenen Herzen ein capillares Netz zu füllen, welches die dickeren Stränge auf ihrer Oberfläche umspinnt. Es scheint demnach, dass ähnlich wie bei den Markströngen der Lymphdrüsen das Blut von den central gelegenen arteriellen Capillaren nach der Oberfläche der lymphoiden Stränge fliesst und sich hier in weite, dünnwandige Venenanfänge sammelt.

Vollkommen abschliessende Untersuchungen über den Verlauf der Blutgefässe in dem merkwürdigen Organ werden nur durch Injectionen ganz frischer Herzen zu gewinnen sein. Ich muss mir dieselben bis auf günstigere Gelegenheiten vorbehalten.

Durch die Güte des Herrn Strassburg in Bremen, dem ich ein vortrefflich in Kali bichromicum conservirtes Herz eines jungen Störs verdanke, bin ich in den Stand gesetzt, dieser Schilderung der ausgebildeten lymphoiden Drüsen einige Mittheilungen über die Entwicklung derselben nachfolgen zu lassen. Das betreffende Herz, von der Herzspitze bis zum oberen Ende des Bulbus arteriosus gemessen, besitzt eine Länge von 8 Cm., während die Herzen erwachsener Thiere 10 Cm. und darüber erreichen. Mehr noch als diese Messungen spricht die augenscheinliche Kleinheit des Gesammtvolumens dafür, dass es einem noch nicht vollkommen entwickelten Thiere angehörte. Beim ersten Blick fällt an ihm auf, dass die Herzoberfläche bei weitem nicht so vollkommen von der drüsigen Masse überzogen wird, als es bei den übrigen von mir untersuchten Herzen der Fall war. Ueberall kommt das glatte Pericard, welches die Herzmuskulatur überzieht, zum Vorschein oder kann durch Auseinanderlegen der Drüsenlappen sichtbar gemacht werden. Diese selbst erheben sich an einer Anzahl bindegewebiger Stiele aus dem Pericard, und breiten sich meist pilzhutförmig aus. Mit scharfen Rändern schieben sie sich über die wenigen kugeligen Höcker, welche den Entwicklungsgrad der ausgebildeten Drüse besitzen, hinweg. Während diese von einer zarten Umhüllungsmembran umschlossen werden, besitzen jene eine rauhe von massenhaften Höckern und Zöttchen bedeckte Oberfläche und ihre Ränder einen zarten, wie mit feinsten Fransen besetzten Saum. Neben ihnen, zum Theil von ihren Stielen entspringend, zum grösseren Theil jedoch aus dem Pericard direkt hervorwachsend, liegen viele kleine gestielte Körperchen, deren Grösse von der eines Stecknadelkopfs bis zu Erbsengrösse schwankt. Dieselben bestehen aus einem bindegewebigen Kern, einer Anschwellung des das Ganze tragenden Stielchens, und einem denselben

deckenden Wald nach allen Seiten ausstrahlender, kugeliger, strangartiger oder keulenförmiger Zöttchen. Einige derselben ragen als lange dünne Stengel über die übrigen hinaus, andere sind zu zierlichen Tannenbaumähnlichen Vegetationen vereint, indem ein centrales Stämmchen allseitig entspringende, entweder einfache oder von Neuem verästelte Sprossen treibt (Fig. 8). Sie bestehen nur aus dem oben geschilderten homogenen Bindegewebe, in dem bald runde bald sternförmige Zellen eingelagert sind und besitzen noch keine Blutgefässe.

Der Stiel und seine Anschwellung bestehen aus den gleichfalls schon früher besprochenen gewellten Bindegewebszügen. In ihrem Innern verläuft korkzieherartig gewunden ein durch seinen Glanz auffallender breiter Strang, der von einer Scheide circulär angeordneter Bindegewebsfasern umschlossen wird. Seine Resistenz gegen Essigsäure und Natronlauge erweist seinen Reichthum an elastischer Substanz und scheint mir das Gebilde eine central verlaufende Arterie zu sein, da diese im ganzen Organ sich durch ihre relativ dicken, namentlich an elastischem Gewebe sehr reichen Wandungen auszeichnen.

Somit haben wir als erste Anlagen der drüsigen Massen kleine Wucherungen, bestehend aus einem bindegewebigen Grundstock und einer Masse homogener Zöttchen. Aus ihnen entstehen durch fortschreitende unregelmässige Verästelung grössere aus einzelnen Läppchen bestehende Körper. Bei diesem Wachsthum betheiligen sich sowohl die aus faserigem als auch die aus homogenem Bindegewebe gebildeten Theile der Anlage, wie es scheint in gleich thätiger Weise, die ersteren, indem sie die bindegewebigen Trabekeln, und, wie ich ebenfalls sicher behaupten kann, durch eine Ansammlung von Lymphkörperchen und Pigmentzellen in ihren Interstitien einen Theil der lymphoiden Stränge bilden, die homogenen Zöttchen, indem sie durch eine, noch genauer zu untersuchende, Umwandlung ihres Gewebes in den übrigen Theil der Stränge und Kugeln übergehen. Hierbei besteht, wie ich glaube, zwischen dem Antheil, den die Zotten und demjenigen, den der bindegewebige Kern am Aufbau der lymphoiden Substanz besitzt, keine Grenze, wie sehr auch die Schärfe, mit der sich anfänglich beide Theile von einander trennen, dies wahrscheinlich machen könnte. In der entwickelten Drüse lässt sich nirgends eine Trennung der Stränge in verschiedenartige Theile durchführen, sondern sie bilden, wie in ihrer Anordnung, so auch

in ihrem histologischen Bau ein Continuum von den reticulär sich umwandelnden Trabekeln bis zu den feinsten lymphoiden Strängen. Einzig und allein die homogenen Zöttchen setzen sich schärfer ab. Dass diese Grenzlinie aber nicht so zu deuten ist, als ob hier das eine Gewebe nicht in das andere umgewandelt würde, lehrt ein Vergleich der mächtig entwickelten Zöttchen der jugendlichen Formen mit den spärlichen Ueberresten derselben in der ausgebildeten Drüse.

Bevor jedoch die einzelnen Wucherungen den hier geschilderten Gang der Entwicklung vollendet haben, gehen sie mannigfache Verwachsungen mit den sie umgebenden Gebilden ein. Denn die Neigung aller endothelialen Flächen, mit einander Verwachsungen bei den geringfügigsten Anlässen einzugehen, tritt an den mit Endothel bekleideten Drüsenanlagen um so ausgesprochener hervor, als sie aus einem jugendlichen äusserst bildungsfähigen Gewebe bestehen, welches in dieser Hinsicht mit den Granulationen einer Wundfläche verglichen werden kann. Ueberall wo solch ein an einem Stiel herabhängendes Körperchen mit Flächen zusammentrifft, die durch Endothel bekleidet sind, geht es Verklebungen ein, indem anfangs, wie ich aus einigen Beobachtungen schliesse, eine einzige Endothelzelle das Bindeglied bildet, dann homogene Bindegewebsbälkchen eine innigere Verwachsung einleiten. So sieht man wie dünne Stränge die kleinen Drüsenwucherungen wieder neu mit dem Pericard, von dem sie ausgegangen sind, verbinden, wie solche Verwachsungen sogar den Sulcus coronarius überbrücken und den Vorhof an die Drüsenlappen heften, endlich, was für uns das wichtigste ist, sich zarte Fäden zwischen benachbarten, getrennten Drüsenanlagen ausspannen. Indem dieselben sich häufen, zu breiteren Strängen sich entwickeln und selbst wieder zum Mutterboden neu aufschiessender Zöttchen werden, kommen die verschiedensten Stufen einer stets inniger werdenden Verwachsung zu Stande: Läppchen die nur durch feine Bindegewebszüge verkittet sind, solche die zum Theil vollkommen verschmolzen, zum Theil durch die ersten zarten Faserzüge vereint werden; endlich jene aus einer vollkommenen Verwachsung getrennter Anlagen entstandenen, an vielen Stielen vom Boden des Pericards sich pilzförmig erhebenden grösseren Lappen.

Bis dahin communiciren alle die Spalten und Lücken, welche zwischen den wachsenden Zotten und Strängen übrig bleiben, frei mit dem Hohlraum des Pericards. Das Organ hat noch nicht den äusseren Abschluss erreicht, welcher beim erwachsenen Thiere dem un-

begrenzten Hineinwuchern in die Höhle des Pericards durch die Umhüllungsmembran gesetzt wird. Die Art und Weise, in welcher dieselbe sich bildet, bedarf noch einer genaueren Darlegung, als ich sie zu geben im Stande bin. Die Membran der Lappen legt sich meist an verschiedenen Punkten der Oberfläche gleichzeitig an. Unzweifelhaft ist, dass die Bildung der Membran theilweise von dem Pericard der Herzoberfläche ausgeht. Man findet aber auch Lappen, deren Oberfläche in der Mitte bereits überhäutet ist, während der Rand noch von freien Zotten rauh und gefranzt erscheint. Hier hat sich ein die Spitzen der Zotten verbindendes Häutchen in der Mitte selbständig gebildet, welches offenbar später mit den von der Basis des Lappens entgegenwachsenden Theilen verschmolzen sein würde, um so die Umhüllungshaut des Lappens darzustellen. In wieweit auch noch beim erwachsenen Thiere etwa feine Communicationsöffnungen zwischen Pericardialhöhle und inneren labyrinthischen Räumen der Drüsenlappen bestehen bleiben, wird noch näher zu untersuchen sein. Die Einstich-Injectionen, welche ich an den ausgebildeten in Kali bichrom. aufbewahrten Herzen vorgenommen habe, sprechen für einen vollständigen Abschluss der Drüsenräume gegen die Pericardialhöhle. Dagegen communiciren, wie erwähnt, benachbarte Höcker mit einander und wahrscheinlich alle mit den Lymphgefässen des Pericardium, als welche ich zahlreiche auf Querschnitten des Pericardium viscerale leicht wahrnehmbare Hohlräume deute, deren zusammenhängende Injection wahrscheinlich an frischen Herzen leicht gelingen wird.

Wie sich erwarten liess, ist die in Rede stehende Bildung auf der Oberfläche des Störherzens bereits älteren Anatomen aufgefallen. Wenn auch merkwürdiger Weise Tiedemann in seiner „Anatomie des Fischherzens“ 1809 weder in der auf p. 22 gegebenen Beschreibung, noch in der Abbildung Fig. 12 eine Andeutung der drüsigen Bildungen giebt, so waren dieselben doch, wie J. F. Meckel[1]) anführt, schon Valsalva[2]) bekannt und von Kölreuter[3]), der sie für muskulös hielt, von Acipenser ruthenus abgebildet. Eine ge-

1) System d. vergl. Anatomie Th. 5, 1831, p. 160.

2) Morgagni epist. anatom. XV, § 2.

3) Observationes splanchnolog. ad Acipens. Rutheni anatom. Nov. Commentat. Acad. Petropol. Tom. XVI, 1771, Taf. 14, Fig. 1. 4. 5.

nauere Beschreibung verdanken wir C. E. von Baer [1]), der wie später Kuhl [2]) ihre drüsige Natur hervorhebt. J. F. Meckel schliesst sich dieser Auffassung durchaus an und erinnert an die Thymus, wenn auch die Lage innerhalb des Herzbeutels dagegen zu sprechen scheine. Es ist mit diesem Vergleich wenigstens physiologisch viel eher das Richtige getroffen, als durch die Ausführungen von C. E. Carus, welcher die lappigen Bildungen früher für Fett und diejenigen von Otto [3]), welcher dieselben für den Telangiectasieen ähnliche erectile Körper erklärte. Im Uebrigen ist die Beschreibung von Otto in den Erläuterungstafeln von Carus genau, wie auch die Abbildung des Störherzens auf Taf. IV, Fig. IV des 6ten Heftes (1843) die beste ist, welche wir besitzen.

Otto erwähnt, dass er die Bildung in gleicher Weise bei Stör, Sterlet und Hausen gefunden habe.

Auf Otto's Beschreibung stützt sich wesentlich Joh. Müller [4]), und fügt hinzu, dass die Gefässzotten in Lymphräume eingebettet seien. Hiermit wie in der Auffassung von Stannius [5]), welcher die Knoten geradezu als Lymphsäcke bezeichnet, ist, was die Natur der die Hohlräume erfüllenden Flüssigkeit betrifft, unzweifelhaft das Richtige getroffen, wie Leydig [6]) hervorhebt, der auf Grund seiner umfassenden Untersuchungen das fragliche Organ den Peyer'schen Follikeln oder der Milz vergleicht, folglich den lymphoidon Drüsen zurechnet, dennoch den feineren Bau der eigentlichen Drüsenmasse, der Stränge und Zotten nicht kannte, vielmehr mit seiner Beschreibung von in Lymphräume hineinhängenden Gefässzotten immer noch an den Bau telangiectatischer Geschwülste erinnert.

Eine von seiner früheren Ansicht verschiedene äussert Stannius in der zweiten Ausgabe seiner vergl. Anatomie (1854) p. 238. Stannius glaubt, in den drüsigen Massen quergestreifte Muskelfasern zu erkennen und nimmt einen allmählichen Uebergang derselben zu den Herzmuskelfasern an, welcher in Beziehung stehen soll zu gewissen periodischen Neubildungen der Herzmuskeln. Ich finde nirgends in

1) 2ter Bericht von der anatomischen Anstalt zu Königsberg 1819.

2) Beiträge zur Zoologie u. vergl. Anat. 1820, p. 138.

3) Erläuterungstafeln z. vergl. Anat. Heft VI, 1843, p. 11.

4) Ueber den Bau und die Grenzen der Ganoiden. Abh. d. Akad. d. Wiss. z. Berlin 1844. p. 140.

5) Vergl. Anatomie d. Wirbelthiere 1ste Aufl. 1846. p. 109.

6) Anatomisch-histolog. Unters. an Fischen u. Reptilien 1853. p. 22.

dem Organ quergestreifte Muskelfasern und sehe überall eine durch das Pericardium gebildete scharfe Abgrenzung der drüsigen Massen von der Muskulatur des Herzens, folglich keinerlei Anhaltspunkte, welche geeignet wären, die neuere Ansicht von Stannius zu stützen.

Dem Obigen zufolge ist also das merkwürdige, die Oberfläche des Störherzens bekleidete Organ zu betrachten als eine Umwandlung des visceralen Blattes des Pericardium in eine grössere Zahl unter einander verschmolzener lymphoider Drüsen. Unter der Theilnahme der Blut- und natürlich auch der Lymphgefässe des Pericardium haben sich zottenförmige Wucherungen des visceralen Blattes in lymphoide Stränge umgewandelt, und sind, wieder überwuchert von dem visceralen Blatte, zu knollenartigen, glattbegrenzten drüsigen Gebilden geworden, deren Inneres, von sinuösen Hohlräumen durchzogen, Lymphe enthält, welcher von Seiten der netzartig verbundenen Stränge Lymphkörperchen zugeführt werden. Wahrscheinlich wird an einem frischen Herzen durch Einstich-Injection die in die sinuösen Hohlräume eingespritzte Masse, wenn sie nicht, was bei allen jüngeren Herzen der Fall sein muss, in die Höhlung des Pericardiums gelangt, zu den Lymphgefässen des Herzens abfliessen. Die in Kali bichromicum aufbewahrten Herzen erlaubten zwar auf diese Art eine ausgedehnte Füllung gewisser Bezirke der Drüsenmassen, aber keine der ableitenden Lymphwege.

Ist auf diese Weise der Zusammenhang der Hohlräume mit dem Lymphgefässsystem nur in sofern erwiesen, als während der Entwicklung der Zusammenhang derselben mit dem Pericardial-Hohlraum, einem Lymphsack, demonstrirt ist, so ist andererseits durch die Darlegung der feineren Structur der Stränge und des Blutgefässverlaufes in ihnen die Verwandtschaft mit Lymphdrüsen zur Evidenz bewiesen. Die Bezeichnung des Organs als Lymphdrüse schlechtweg würde allerdings dem heutigen Standpunkte unserer Kenntniss dieser Organe gegenüber sich nicht rechtfertigen lassen, wogegen die von uns gewählte eines Complexes von lymphoiden Drüsen auf Beifall Anspruch machen dürfte.

Es wird sich nun weiter darum handeln, die Verbreitung und Bildung dieses Organs bei verschiedenen Stör-Arten und verwandten Ganoiden (z. B. Spatularia) zu studiren und weiter den Bau der immer noch dunkeln, sogenannten Lymphdrüsen anderer Körperstellen

der Fische mit diesem Organ zu vergleichen, endlich die Lymphgefässe des visceralen Blattes des Pericardium bei Fischen überhaupt näher zu studiren. Vielleicht dass sich dann mit Rücksicht auf die oben in der Einleitung ausgesprochenen phylogenetischen Betrachtungen neue Anhaltspunkte gewinnen lassen. Dass die Petromyzonten, bei denen Stannius dasselbe Organ vermuthet, auf der Oberfläche des Herzens ähnliche drüsige Bildungen gänzlich entbehren, davon konnte ich mich kürzlich an lebenden Exemplaren von P. fluviatilis und marinus überzeugen, welche mir auf dem hiesigen anatomischen Institute zur Disposition standen.

Zum Schlusse erfülle ich noch die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Geh. Rath Max Schultze für die warme Theilnahme, die er an dem Zustandekommen meiner Untersuchungen nahm, sowie für seinen thätigen Beistand meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. VI.

Fig. 1. Herz eines erwachsenen Störs von der linken Seite aus gesehen; natürliche Grösse. CA Conus arteriosus, K Herzkammer, V Vorhof, S Einmündungsstelle des abgeschnittenen Venensinus, Vl linke ventrale D. dorsale Fläche der Herzkammer. vv die durchschnittenen zum parietalen Blatt des Pericards gehenden Stränge, in denen Arterien und Venen verlaufen; g eine unbedeckte Stelle am Conus arteriosus, an der die Muskulatur sichtbar wird; aa kleinere Drüsenhöcker; bb grössere Drüsenlappen; e ein vereinzeltes Drüsenhöckerchen, welches ausnahmsweise am Vorhof vorkömmt.

Fig. 2. Querschnitt durch die Kammer des in Fig. 1 abgebildeten Herzens; natürliche Grösse. M Herzmuskel, Pe Pericard, welches Herzmuskel und Drüsensubstanz vollkommen trennt; a kleinere Höckerchen; b grössere Lappen; Um Umhüllungsmembran; Tr Trabekeln; S Septen; rv rechte ventrale; d dorsale Fläche der Herzkammer. Das Pericard der dorsalen Seite durch reichliche Fettablagerung stark verdickt.

Fig. 3. Querschnitt durch einen Drüsenlappen bei schwacher Vergrösserung. Bezeichnungen wie bei Fig. 2. Ur Umhüllungsraum; m die grösseren Drüsenmassen, welche den Verästelungen der Trabekeln un-

mittelbar aufsitzen; l homogene Verbindungsstränge. KK ein Saum homogener Zöttchen und gestielter kugelicher Körper.

Fig. 4 u. 5. Das reticuläre Bindegewebe der lymphoiden Netze. St die zellenreichen Stränge in demselben (wahrscheinlich Blutgefässe). In Fig. 5 die Lymphkörperchen vollkommen, in Fig. 4 nur theilweise durch Schütteln des Schnitts in einem Reagensgläschen entfernt.

(Fig. 4—7 u. 9—12 bei starker Vergrösserung Zeiss F Oc. II,)

Fig. 6. Das homogene knorpelähnliche Gewebe der Zotten und Kugeln.

Fig. 7. Das Sternzellengewebe, ebenfalls in denselben vorkommend.

Fig. 8. Eine breitere aus lymphoidem Gewebe bestehende Masse mit einem Wald einfacher und verästelter Zöttchen (a, a) besetzt, gewonnen durch Zerzupfen eines pilzförmigen Lappens des jungen Herzens. Mittlere Vergrösserung.

Fig. 9. Ein gestieltes kugeliges Körperchen (cfr. Fig. 3, k) eines erwachsenen Herzens. Bei a wird dadurch, dass die Endothel-Zellen abgefallen sind, der zarte bindegewebige Stiel sichtbar, mit dem das Körperchen den lymphoiden Strängen aufsitzt.

Fig. 10. Einer der homogenen cylindrischen Verbindungsstränge (cfr. Fig. 3, l). Bei a ist das Endothel abgefallen.

Fig. 11 u. 12. Endothelzellen.

Ueber die Entwicklung und den Bau des elastischen Gewebes im Netzknorpel.

Von

Dr. **Oscar Hertwig.**

Hierzu Taf. VII.

Im Folgenden gedenke ich Untersuchungen mitzutheilen, welche ich im Laufe dieses Sommers auf dem anatomischen Institute zu Bonn über die Entwicklung des elastischen Gewebes angestellt habe. Die Literatur ist nicht reich an Untersuchungen über diesen Gegenstand, und eine systematisch durchgeführte Reihe von Beobachtungen an Embryonen über das erste Auftreten des elastischen Gewebes namentlich über das Verhältniss der Fasern zu den embryonalen Zellen fehlt gänzlich. Auch die neueste Arbeit über die Entwicklung der Bindesubstanzen von Dr. F. Boll[1]) thut des elastischen Gewebes keine Erwähnung. Ich ergriff demnach mit Freuden die Gelegenheit, im Anschluss an eine von Prof. M. Schultze mir mitgetheilte Reihe von Beobachtungen die Entwicklung des elastischen Gewebes genauer zu verfolgen, und wählte dazu zunächst den Netzknorpel, welcher mir eines der günstigsten Objecte zu sein schien, weil man durch Anfertigung feiner Schnitte in der Lage ist, Zellen, Grundsubstanz und Fasern in ihrer räumlichen Anordnung genau zu untersuchen.

Bisher hat man zur Entscheidung der Frage nach der Entstehungsart der elastischen Fasern sich fast ausschliesslich an das ligamentum nuchae von Rinds- oder Schweineembryonen gehalten. Unter allen Theorieen, die auf derartig angestellte Untersuchungen begründet wurden, hat wohl nur eine sich allgemeinerer Anerkennung zu erfreuen gehabt. Dieselbe ist zuerst von Heinrich Müller[2]) ausgesprochen, später von Henle[3]), Reichert[4]), Kölliker[5]),

1) Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. VIII. 1.

2) Bau der Molen. Würzburger Verhandl. Bd. 10, S. 132.

3) Canstatt's Jahresbericht für 1851, S. 29.

4) Reichert: Müller's Archiv, Jahresbericht für 1852, S. 95.

5) Kölliker: Würzburger naturw. Zeitschrift Bd. II, S. 147.

Leydig[1]) und Frey[2]) u. A. angenommen worden. Ihr zufolge findet die Bildung elastischer Fasern in der Intercellularsubstanz statt. „Diese soll sich im foetalen Bindegewebe bei weiterer histologischer Entwicklung stellenweise zu Fasern verdichten, während ein anderer Theil sich nicht daran betheiligt“[3]). Als Beweis beruft sich Reichert auch mit auf die Entwicklung des elastischen Ohrknorpels, ohne indess Genaueres darüber anzugeben. Dieser Ansicht schliesst sich Leydig in seinem Lehrbuch § 27 an. Nach ihm „besteht ein allgemeiner wichtiger Charakter des gewöhnlichen Bindegewebes darin, dass die Intercellularmasse eine eigenthümliche Härtung und Verdichtung erfahren kann entweder bloss an den Grenzschichten (Bildung der membranae propriae) oder auch wohl in Streifen mitten durch das Gewebe: Bildung der elastischen Fasern und Platten.“ In ähnlichem Sinne spricht sich Kölliker in der neuesten Auflage seines Handbuches der Gewebelehre aus[4]). „Mit Bezug auf die Entwicklung kann es jetzt als ausgemacht angesehen werden, dass die elastischen Fasern aller Art weder aus Kernen noch aus Zellen hervorgehen, sondern einfach durch eine besondere Umwandlung der Grundsubstanz bindegewebiger Anlage sich bilden, durch eine Umsetzung leimgebender Substanz.“ Er lässt es dahin gestellt, ob gleich feine elastische Fasern auftreten oder ob auch eine Bildung derselben durch Aneinanderlagerung von kleinen Stückchen vorkömmt. Ueber die Entwicklung des Netzknorpels liegt eine Arbeit von Rabl Rückhard[5]) vor, in welcher sich derselbe in seinem Resumé ebenfalls für die oben angeführte Entstehungsweise ausspricht.

Die Untersuchungen, die ich vorläufig mitzutheilen gedenke, wurden zum Theil an menschlichen Embryonen vorgenommen, deren mir eine fortlaufende Entwicklungsreihe zu Gebote stand. Dem Uebelstand, dass die Conservirung der menschlichen Embryonen in Spiritus für genauere histologische Untersuchung Manches zu wünschen übrig liess, half ich dadurch ab, dass ich ausserdem den Netzknorpel einiger Thierfoetus, wie ich sie mir gerade frisch verschaffen

1) Lehrbuch der Histologie der Thiere und des Menschen § 27.
2) Lehrbuch der Histologie u. Histochemie S. 187.
3) Reichert l. cit.
4) Kölliker: Handbuch der Gewebelehre S. 71.
5) Müller's Archiv 1863, S. 41.

konnte, sowohl in Jodserum, als auch nach vorausgegangener Erhärtung in Müller'scher Flüssigkeit oder Einlegen in Ueberosmiumsäure untersuchte.

Unter den angewandten Reagentien verdient die Ueberosmiumsäure eine besondere Empfehlung wegen ihres auffälligen Verhaltens der elastischen Substanz gegenüber. Diese färbt sich unter ihrer Einwirkung stark gelbbraun, so dass nach einer ein- bis zweistündigen Behandlung mit einer 1 % Lösung die gefärbten Fasern sich deutlich von der ungefärbten Zwischensubstanz abheben. Auch das in Wasser lösliche Anilinblau färbt, wie mein Freund Ewald beobachtet und mir mitgetheilt hat, besonders stark die elastischen Netze des Ohrknorpels. Durch Anwendung dieses Reagens kann man nach seiner Angabe Präparate mit Doppelfärbung herstellen. Man tingirt Schnitte in Carminlösung, fällt in angesäuertem Wasser das imbibirte Carmin und legt dann die Schnitte längere Zeit in eine höchst verdünnte Anilinblaulösung. Die Zellen färben sich bei dieser Behandlung roth, die elastischen Netze blau; die Grundsubstanz bleibt ungefärbt. Einen sichern Entscheid, ob Fasern für elastische zu erklären sind und ob in einem Präparate überhaupt elastische Substanz zugegen ist, erhält man durch Behandlung eines Schnittes mit Kali- oder Natronlauge. Am besten stellt man die Reaction unter dem Mikroskop der Art an, dass man eine starke Lösung dem unter dem Deckgläschen liegenden Präparate zusetzt, dann nach einiger Zeit vom Rande durch Zusatz von Wasser verdünnt und gleichzeitig von der andern Seite her mit einem Stückchen Löschpapier die Natronlauge haltige Flüssigkeit zum Theil entfernt. Das Präparat quillt, die Zellen erblassen und es bleiben allein die elastischen Fasern unverändert übrig. Setzt man jetzt vom Rande noch mehr Wasser zu, welches die Natronlauge ganz entfernt oder anstatt dessen etwas Kali aceticum, so schrumpft das Präparat und auch die Zellen treten in ihren Contouren wieder hervor. An demselben Objecte kann man in der Weise verschiedene Male nach einander die Grundsubstanz zum Quellen und nebst Zellen zum Verschwinden und darauf wieder zum Schrumpfen bringen.

Um von der ersten Entwicklung des elastischen Gewebes im Ohrknorpel brauchbare Präparate zu erhalten, ist die Anfertigung äusserst dünner Schnitte unbedingt nothwendig, da man bei nur mässig feinen Bilder erhält, in denen die Uebereinanderlagerung mehrerer Zellenschichen das Verhältniss der elastischen Fasern zu den Zellen unkenntlich

macht. Am besten gewinnt man feine Schnitte durch Einkleben des von der Haut befreiten Knorpels zwischen erhärtete Leberstückchen mittelst des von Rindfleisch empfohlenen Gummiglycerins [1]). Es hat dies Verfahren den Zweck, kleine Objecte zwischen die Leberstückchen so zu befestigen, dass sie beim Schneiden weder der Messerklinge ausweichen, noch durch einen stärkeren Druck der Finger auf die Einschlussmasse über die Schnittfläche hervorgepresst werden können.

Die Frage, welche ich mir in erster Linie zur Entscheidung vorlegte, ist die nach dem Verhältniss der entstehenden elastischen Fasern zu den Zellen des embryonalen Knorpels. Dass dem Netzknorpel ein Stadium vorausgeht, in welchem derselbe nur aus Zellen ohne nachweisbare Menge von Membran-Extra- oder Intercellularsubstanz besteht, lässt sich nach Analogie aller anderen Gewebe mit Sicherheit erwarten und ist auch von Rabl Rückhard speciell beschrieben. Wie nun aber und wann, vor allen Dingen in welchem Verhältniss zu dem Protoplasma der Zellen die ersten elastischen Fasern auftreten, das ist meiner Ansicht nach nicht mit genügender Schärfe beobachtet; in dieser Rücksicht lassen uns auch die sonst genauen Angaben von Rabl Rückhard im Stich.

Um bei menschlichen Embryonen auf das Stadium zu kommen, auf welchem die erste Differenzirung eines knorpelartigen Gewebes im Innern des äusseren Ohres zu beobachten ist, muss man recht weit zurückgehen. Es sind Embryonen von ungefähr 15 Ctm. Länge, bei denen ich zuerst inmitten eines embryonalen Bindegewebes gelegen, eine dünne Platte embryonalen Knorpels vorfand, welche sich gegen die Umgebung ziemlich scharf absetzt und von einem dichteren Zug gewellter Bindegewebsfasern, der Anlage des Perichondrium, umschlossen ist. Die Zellen sind angeordnet wie im embryonalen Zellenknorpel und durch die ersten Andeutungen einer homogenen Zwischensubstanz von einander geschieden [2]). Da sie an dem Spirituspräparate geschrumpft waren, füllten sie ihre Höhlen nicht ganz aus. Dagegen hatte ich Gelegenheit, an einem Rindsembryo, wo die elastischen Fasern eben angelegt waren, die Zellen frisch in Jodserum zu untersuchen. Dieselben enthalten hier einen relativ grossen Kern, ihr Protoplasma füllt die Höhle in der Grund-

1) Rindfleisch: Lehrb. d. pathol. Gewebel. S. 309. Anm. 2) Fig. 1.

substanz vollständig aus. Sie sind alle um sehr Vieles kleiner, als im alten Knorpel; nach dem Perichondrium zu nehmen sie an Grösse bedeutend ab, besitzen in diesem selbst den geringsten Umfang und liegen dichter aneinander gedrängt. Dabei verändern sie zugleich ihre Gestalt, werden sehr schmal und plattgedrückt.

Rabl Rückhard beobachtete die ersten Spuren elastischer Fasern an dem Ohrknorpel eines fünfmonatlichen menschlichen Embryos. Er beschreibt sie als äusserst zart, meist einfach, ohne deutliche Verzweigungen, dabei sehr zahlreich und dicht aneinander liegend, so jedoch, dass immer eine bestimmte Richtung ihres Verlaufes senkrecht auf die Fläche der Ohrmuschel vorwiegt. „In der Mitte des Gewebes sind diese Faserzüge am dicksten und dichtesten, während sie nach den Oberflächen des Knorpels sich verjüngen, spärlicher werden und endlich, ohne Anastomosen zu bilden, ganz frei endigen. Die Zellen sind wenig von denen der früheren Stadien abweichend, die Intercellularsubstanz hat zugenommen und ist, die Fasern abgerechnet, völlig klar und hyalin.“ Wie es scheint, ist das Stadium, an dem ich das erste Auftreten der elastischen Fasern beobachtete, ein noch etwas jüngeres, als das von Rabl Rückhard beschriebene. Ich schliesse dies daraus, dass in dem Ohrknorpel des mir zur Untersuchung dienenden menschlichen Embryos von 18 Centim. Länge, dessen Beschreibung ich im Folgenden geben werde, die Faserbildung erst an einzelnen Stellen begonnen hatte [1]). An dünnen Schnitten fällt es sogleich auf, dass die Zellen reihenförmig angeordnet sind und in Gruppen beisammen liegen, oft mehrere in einer gemeinsamen Höhle. Dabei sind die Reihen so gerichtet, dass sie eine senkrecht von Perichondrium zu Perichondrium gezogene Linie mehr oder minder einhalten, in welcher Richtung ein lebhafterer Theilungsprocess in den Knorpelzellen stattzufinden scheint. Einzelnen Zellenreihen findet man nun feine Fasern unmittelbar dicht angelagert. Da dieselben eine ausserordentliche Feinheit besitzen und von dem Zellprotoplasma, dem sie dicht anliegen, leicht verdeckt werden, können sie dem Beobachter zumal bei Benutzung schwächerer Systeme entgehen. Die vollkommen glatten glänzenden Fasern geben keine seitlichen Aeste ab. Dass man es hier wirklich mit der ersten Bildung elastischer Substanz zu thun hat, darüber kann man sich durch Anwendung der

1) Fig. 2.

Natronlauge in der oben beschriebenen Weise vollkommene Sicherheit verschaffen.

Bei einem wenig älteren menschlichen Embryo von 22 Centim. Länge fand ich die elastischen Fasern schon reichlicher entwickelt [1]) und von solcher Stärke, dass sie nicht mehr zu übersehen sind. Sie liegen gedrängt neben einander dicht oberhalb, unterhalb und seitlich von den Zellen. Die meisten verlaufen unter sich parallel auf dem kürzesten Wege quer von Perichondrium zu Perichondrium und enden, allmählig feiner werdend, zwischen den Zellen des letzteren.

Das hier vom Menschen an Spirituspräparaten beobachtete Stadium, welches zur Beantwortung der im Thema aufgeworfenen Frage mit als das wichtigste bezeichnet werden muss, fand ich Gelegenheit, auch an verschiedenen frisch erhaltenen Thierembryonen genauer zu untersuchen, und ziehe ich es vor, die eingehendere Beschreibung nach den besser conservirten Präparaten zu geben. Als ein zum Studium dieser Verhältnisse recht geeignetes und gleichzeitig leicht zu erlangendes Object kann ich den Ohrknorpel frisch geworfener Kaninchen empfehlen. Die Schilderung gebe ich nach einem Osmiumpräparate, da bei der Anwendung dieses Reagens die Zellen, wie bekannt, ihre ursprüngliche Form beibehalten und so gut wie gar nicht schrumpfen. Beim jungen Kaninchen [2]) ist die Zwischensubstanz im Ohrknorpel verschwindend gering entwickelt. Die Zellen liegen so dicht gedrängt aneinander, dass sie sich gegenseitig eckig drücken. Sehr deutlich konnte ich an diesem Präparate sehen, wie die elastischen Fasern, deren Verlauf dem schon früher beschriebenen entspricht, dem Protoplasma der Zellen ganz unmittelbar anliegen und wie sie jeder Einbiegung und Hervorragung derselben folgen. Desgleichen sah ich Zellen, die langgestreckt, spindelartig eine Faser eine Strecke weit begleiteten [3]). Noch mehr Sicherheit über die so innige Aneinanderlagerung von Zelle und Faser erhielt ich durch Zerzupfen feiner Schnitte. Wenn man auch dadurch das Präparat nicht vollständig zerfasern kann, so sieht man doch an den Rissenden elastische Fädchen frei hervorragen, denen hier und da noch Zellen, in charakteristischer Weise innig mit ihnen verbunden, ankleben.

Ferner untersuchte ich noch einen Rindsembryo von 32 Centim. Länge, der auf einer etwas weiteren Stufe der Entwicklung stand [4]).

---

1) Fig. 3. 2) Fig. 4. 3) Fig. 4 a, 5 a, 3 a. 4) Fig. 5

Die Zwischensubstanz ist reichlicher. Die elastischen Fasern beginnen seitliche Aeste zu treiben. Ein Theil dieser Aeste verlässt den Stamm unter spitzem Winkel, um mit leichter Biegung ihm parallel zu verlaufen. Ein anderer Theil wächst senkrecht aus ihm heraus und vereinigt sich mit Fasern, die dem Hauptstamm parallel ziehen. Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass Zellen sowohl jeder neuen Querfaser anliegen, als auch in den durch die Verästelung entstandenen Winkeln sich vorfinden. Entspringen nun mehrere Fasern von einer Stelle, so wird die im Winkel eingebettete Zelle von denselben wie von einem Korb umschlossen [1]). Die Endigungsweise der elastischen Fasern ist hier besonders deutlich zu erkennen. In der Nähe des Perichondriums krümmen sie sich etwas bogenförmig um und endigen, einer der hier gedrängt liegenden Zellen dicht angeschmiegt, zu einer feinen Spitze ausgezogen [2]).

Diese an Querschnitten gewonnene Auffassung der räumlichen Anordnung von Fasern und Zellen wird durch Betrachtung von Flächenschnitten wesentlich vervollständigt. Der Knorpeloberfläche parallel gerichtete Schnitte kann man leicht anfertigen, wenn man ein von anliegendem Gewebe befreites Stück Ohrknorpel, welches papierdünn ist, auf ein erhärtetes Leberstückchen mit einem Tropfen Gummiglycerin aufklebt und in Brennspiritus erhärtet, was mehrere Stunden Zeit in Anspruch nimmt. Zur Erhärtung soll man absoluten Alkohol nicht anwenden, da durch die zu rasche Einwirkung der Gummi hart und spröde wird und hierdurch beim Schneiden ein Hinderniss abgibt. Da die elastischen Fasern alle quer durchschnitten werden, so erscheinen sie an recht dünnen Schnitten nur als glänzende Puncte. Ein Flächenbild von dem Ohrknorpel des neugebornen Kaninchens bestätigt uns in vollem Maasse das, was schon früher über die räumliche Vertheilung der Fasern aus Querschnitten geschlossen werden konnte. Es zeigt sich nämlich, dass fast jede einzelne Zelle von einem Kranze quer durchschnittener Fasern umgeben ist [3]). Beide liegen so ungemein dicht bei einander, dass man an den meisten Stellen eine Zwischensubstanz nicht zu sehen bekommt. Dann und wann bemerkt man auch, dass zwei oder vier Zellen von einem gemeinsamen Faserkranze umgeben werden, während zwischen diesen Zellen nur vereinzelte Querschnitte von elastischen Fäserchen sichtbar sind. Die

1) Fig. 5 d. 2) Fig. 5 e. 3) Fig. 6 f.

Zwischensubstanz, deren extracelluläres Auftreten mit der Bildung der elastischen Fasern Hand in Hand geht, ist hier zwischen den zu einer Gruppe vereinigten Zellen noch wenig oder gar nicht entwickelt. Dies Bild findet offenbar darin seine Erklärung, dass aus einer Zelle durch Theilung mehrere entstanden sind, zwischen denen nun Zwischensubstanz und einzelne neue Fasern gleichzeitig angelegt wurden.

Flächenschnitte durch den Ohrknorpel des oben erwähnten 32 Centim. langen Rindsembryo zeigen ein durchaus ähnliches Bild; nur ist die Zahl der querdurchschnittenen Fasern eine noch bedeutendere als beim Kaninchen, indem zwischen den einander zugekehrten Flächen je zweier Zellen meist nicht wie oben nur eine, sondern zwei Reihen glänzender Pünctchen angetroffen werden.

Ich reihe hieran gleich die Beobachtungen, die ich über die Weiterbildung der Fasern zu Netzen und über den Bau derselben im reifen Ohrknorpel angestellt habe.

Bei verschiedenen Thierarten zeigt der Netzknorpel, wie schon in der Arbeit von Rabl Rückhard hervorgehoben wird, ein ungemein abweichendes Verhalten. Bald ist die elastische Substanz sehr gering, bald wieder sehr mächtig entwickelt, bald besteht sie fast nur aus Fasern, die sich wenig verzweigen und durch spärliche Queräste mit einander in Verbindung stehen, in einigen Ohrknorpeln sehr fein bleiben, in anderen eine bedeutende Stärke erreichen. Bald stellt sie ein im Raum allseitig entwickeltes dichtes Netzwerk dar, indem die Fasern unter reichlicher Verästelung und Anastomosenbildung überall innig zusammenhängen. Dieses Netzwerk ist bald gröber, bald aber auch so fein, dass es den dichtesten im thierischen Körper vorkommenden spongiösen Geweben, wie z. B. dem in der Retina, an die Seite gestellt werden kann und man zu den allerstärksten Vergrösserungen greifen muss, um sich Klarheit über dasselbe zu verschaffen. Endlich kommt es vor, dass die elastische Substanz sich im Netzknorpel stellenweise auch plattenartig ausbreitet, ähnlich den gefensterten Häuten, wie sie in den Arterien allgemein vorgefunden werden.

Bei dieser grossen Mannichfaltigkeit, mit der die elastische Substanz bei verschiedenen Thieren auftritt, ist es nicht möglich, an einer Species allein die Weiterentwickelung und den fertigen Bau des Netzknorpels zu schildern, sondern ist es nöthig, um ein einigermassen getreues Bild von dem formenreichen elastischen Gewebe

im Ohrknorpel zu geben, dass wir verschiedene recht charakteristische Bildungen unserer Schilderung zu Grunde legen und sie gleichsam als Typen aufstellen.

Ich beginne mit derjenigen Form des Netzknorpels, in welcher die elastische Substanz am geringsten zur Entwicklung gekommen ist, und werde mit den Fällen schliessen, wo sie am reichlichsten vorhanden, das allerfeinste spongiöse Maschenwerk bildet. In dieser Weise glaube ich am meisten den Gang einzuhalten, den die Entwicklung des elastischen Gewebes von einfacheren zu zusammengesetzteren Formen nimmt.

Wie durch die Beobachtungen von Rabl Rückhard bekannt ist, zeichnet sich unter den verschiedenen Ohrknorpeln der Thiere besonders der der Nager durch seine sehr sparsamen elastischen Elemente aus. Ein Querschnitt durch den Ohrknorpel des Kaninchens gewährt folgenden charakteristischen Anblick [1]). In einer reichlichen homogenen knorpeligen Zwischensubstanz liegen ungemein grosse mit dicken Fetttropfen gefüllte ovale Zellen. An dünnen Schnitten fallen die meisten Zellen, die in Ueberosmiumsäure wegen ihres Fettgehaltes sich ganz schwarz färben, aus ihren Höhlungen, und man erblickt dann „ein dem pflanzlichen sehr ähnliches, fast honigwabenartiges Gewebe, in dem dicht aneinander, durch nur schmale Septa hyaliner Grundmasse geschieden, deutliche grubenartige Vertiefungen liegen."

Die ovalen Zellen sind hauptsächlich so gerichtet, dass ihr längster Durchmesser in eine Linie mit dem Querdurchmesser des Knorpels fällt. In derselben Richtung verlaufen feine elastische Fasern, die um nur Weniges stärker sind, als die aus den ersten Stadien der Knorpelentwicklung beschriebenen [2]). Von ihnen gehen feinere Aestchen aus, die entweder zugespitzt enden oder mit andern anastomosiren und die ersten Anfänge eines weitmaschigen Netzwerkes darstellen. [3]) Besonders ist jede einzelne Zelle von einem Netze feinster Fäserchen umgeben, aber so, dass immer eine hellere innere Zone rein knorpeliger Substanz um sie übrig bleibt. Dieses Netzwerk erkennt man besonders an den Stellen, wo durch den Schnitt die obere Zellwand entfernt, die untere erhalten und die Zelle selbst herausgefallen ist [4]).

Ein Flächenschnitt durch den Ohrknorpel des alten Kaninchens

---

1) Fig. 7. 2) Fig. 7 H. 3) Fig. 7 h. 4) Fig. 7 i.

ergibt ein Bild, welches, abgesehen von der massigeren Entwicklung der Zwischensubstanz und davon, dass ein besonderer Hof rein hyaliner Substanz jede Zelle umgibt, dem vom Neugebornen erhaltenen Bilde durchaus ähnlich ist[1]). Auch hier erhält man Querschnitte elastischer Fasern, welche in Ringen um die Zellhöhlen gruppirt sind und bald weiter von einander, bald aber auch gedrängt einer an dem andern liegen. Es ist wohl selbstverständlich, dass wir hauptsächlich in ihnen die Querschnitte der am frühesten als Kranz um die Embryonalzellen angelegten Fasern zu erblicken haben.

Den Höfen hyaliner Substanz, welche die einzelnen Zellen umgeben[2]), schenkt Rabl Rückhard in seiner Arbeit eine besondere Beachtung und sucht er auf verschiedene Arten zu beweisen, dass wir in diesen früher sogenannten Knorpelkapseln nur Trugbilder vor uns hätten. Die äussere Contour des Hofes betrachtet er als die eigentliche Zellcontour. Das Trugbild einer Kapsel kann nach ihm durch verschiedene Umstände hervorgerufen werden.

Wenn durch den Schnitt Zellenhöhlen eröffnet und in den Gruben die Knorpelkörperchen liegen geblieben sind, so sollen zwischen der Wand der Gruben und ihrem geschrumpften Inhalt Lücken entstehen, die als helle Ringe erscheinen. Letztere soll man daher auch nicht sehen, sobald durch Auspinseln die Knorpelkörperchen entfernt worden sind, ferner nicht an uneröffnet gebliebenen und mit ihrem Inhalt prall erfüllten Zellen. Die Ringe, die an feineren Schnitten auftreten, wo eine Höhle zweimal eröffnet und ihr Inhalt herausgefallen ist, erklärt Rabl Rückhard aus dem Umstand, dass von der ganzen Wand des Hohlraums ein Gürtelsegment übrig geblieben ist, das von oben gesehen als Ring erscheinen wird, indem seine beiden Begrenzungslinien, die den beiden Schnittebenen angehören, als concentrische Kreise auf eine Ebene projicirt werden. Es sollen daher gröbere und ganz feine Schnitte diese Ringe nicht zeigen, erstere, weil die Schnitte nicht dicht genug waren, um eine Zelle zweimal zu treffen, letztere, weil bei ihrer grossen Feinheit die Breite des Gürtels auf ein nicht mehr erkennbares Minimum zurückgeführt ist.

Anfänglich hatte diese Ausführung etwas Bestechendes für mich, später aber überzeugte ich mich davon, dass die hyalinen Höfe thatsächlich vorhanden sind und dass die von Rabl Rückhard

1) Fig. 8. 2) Fig. 7 m, 8 m.

gelieferte Beweisführung keine stichhaltige ist. Lässt man auf den Ohrknorpel eines Kaninchens eine 1 % Lösung von Ueberosmiumsäure längere Zeit einwirken, so bräunt sich die Intercellularmasse ziemlich stark mit Ausnahme der strittigen ringförmigen Zone um die Zellen, welche sich weniger gefärbt hat und in Folge dessen viel schärfer hervortritt. An einem solchen Präparate erkennt man nun ganz deutlich einen hellen Hof sowohl um die Zellenhöhlen, die uneröffnet geblieben und mit der Inhaltsmasse ganz gefüllt sind, als auch um die Gruben, aus welchen der Inhalt sich entleert hat[1]. Ferner konnte ich hier an feinen Schnitten auch an den allerdünnsten Stellen noch die hyalinen Ringe um die Zellen wahrnehmen und gleichzeitig feststellen, dass dieselben sowohl an den dickeren, als auch den dünneren Theilen des Schnittes überall eine gleiche Breite zeigten. Hieraus geht schon klar hervor, dass sie nicht durch eine Flächenspiegelung der Seitenwände entstanden sein können. Noch sicherer aber wird dies durch folgenden Umstand bewiesen. An durch Ueberosmiumsäure gebräunten Präparaten fallen abwechselnde bald dunklere, bald hellere Streifen auf, welche ganz regelmässig die Zwischensubstanz durchziehen[2]. Es sind dies durch die Messerklinge beim Schneiden hervorgerufene Unebenheiten der Oberfläche, die in der gebräunten Substanz ungemein deutlich hervortreten. Bei aufmerksamer Betrachtung dieser Linien sieht man, wie sie continuirlich aus der dunkleren Zwischensubstanz auch in den helleren Hof um die Zellen hineinziehen und so einen unumstösslichen Beweis liefern, dass beide sich in gleicher Ebene befinden.

Abgesehen von diesen durch die Schnittführung hervorgerufenen Linien, lässt an einzelnen Stellen des Präparates der breite Ring um die Zellen eine Zusammensetzung aus abwechselnd helleren und dunkleren Streifen erkennen und zeigt hierin ein gleiches Verhalten, wie die geschichtete Cellulosemembran der Pflanzen[3].

Wenn wir die Entwicklung der Intercellularsubstanz im Netzknorpel des Kaninchens von Anfang bis zu Ende verfolgen, so spricht sich in derselben eine gewisse Periodicität aus, indem ursprünglich die Bildung elastischer Fasern mit der Bildung homogener Zwischenmasse Hand in Hand geht, später ganz aufhört, während letztere allein als hyaliner Ring um die Zelle abgelagert wird. Durch diese Neubildung wird der Kranz elastischer Fasern, der beim

1) Fig. 7 i. 2) Fig. 8 n. 3) Fig. 7 u. 8 p.

neugebornen Kaninchen dem Zellenprotoplasma dicht anlag, von diesem entfernt, eine Lageveränderung, die noch um so bedeutender ist, als der Durchmesser einer reifen Knorpelzelle den einer embryonalen um mehr als das fünffache an Grösse übertrifft. Ziehen wir nun hiermit in Vergleich, wie eng der Kreis war, den früher die elastischen Fasern um eine winzige Zelle bildeten, dann springt es so recht in die Augen, welche grossen Umwandlungen und Verlagerungen in der Zwischensubstanz vor sich gegangen sein müssen, Umwandlungen, die sich nur vermöge eines Wachsthums durch Intussusception erklären lassen, und man überzeugt sich davon, dass auch auf die fertig gebildete Substanz immer noch „formative" Kräfte der Zelle einwirken, durch welche die alten Theilchen ihren Platz ändern und neue sich zwischen sie einschieben.

Als ein zweiter Typus des elastischen Gewebes kann der Ohrknorpel des Pferdes und Rindes hingestellt werden, welcher sich hauptsächlich dadurch auszeichnet, dass die Neubildung elastischer Substanz mehr auf die Dickenzunahme schon vorhandener, als auf die Anlage neuer Fasern verwandt wird. So werden beim Pferde die embryonal zuerst gebildeten, von Perichondrium zu Perichondrium verlaufenden parallelen Fasern, die auch später noch in jedem Netzknorpel sich auffinden lassen, oft aber durch eine dichte Netzbildung verdeckt werden, zu starken Stämmen, die wie Pfeiler den Knorpel durchsetzen. Durch eine reichlicher entwickelte hyaline Zwischensubstanz von einander getrennt, hängen sie vorzugsweise durch rechtwinkelig abgehende, gleichfalls starke Queräste mit ihren Nachbarn zusammen und besitzen eine durch kleine Höcker, der Anlage neuer Seitenzweige, rauhe Oberfläche. Von Interesse ist es, zu sehen, wie an einzelnen Stellen die elastische Substanz eine flächenartige Ausbreitung annimmt, indem zwei oder mehrere der oben genannten Stämme durch dünne Membranen untereinander zusammenhängen oder an ihren Enden in solche übergehen [1]). Hier und da sind die Membranen durchlöchert oder auch mit feinen Fäserchen besetzt. Besonders in der Nähe des Perichondrium kommt diese im Netzknorpel auffällige Bildung häufiger vor.

Auf Flächenschnitten treten die Querschnitte der den Knorpel quer durchsetzenden Stämme als hellglänzende kreisförmige Stellen hervor [2]). Wenn mikroskopisch erkennbare Structurverhältnisse in den

1) Fig. 10. 2) Fig. 9 Q.

elastischen Fasern vorhanden wären, sollte man erwarten, dass sie hier zu Tage treten müssten. Doch erkennt man gerade hier deutlich, dass die querdurchschnittenen Stämme durchaus gleichmässig solid sind und auch keinen centralen Hohlraum enthalten, wie dies einige Forscher vermuthet haben.

Die Anzahl der um eine Zelle gruppirten querdurchschnittenen Fasern ist eine verhältnissmässig geringe und übersteigt nicht die Zahl Zehn. Da sie alle miteinander durch dicke Queräste verbunden sind, so entsteht bei der Flächenansicht ein grobes Netz, in dessen Maschen die Zellen eingebettet sind. Aus den Balken dieses Netzes erheben sich als glänzende Höcker die auf dem Querschnitt getroffenen Hauptfasern.

Im Wesentlichen ebenso gebaut ist der Netzknorpel des Rindes, doch fehlt die flächenhafte Ausbreitung der elastischen Substanz zu einzelnen Membranen; dagegen tritt uns hier eine andere Bildung entgegen, die durch ihre zierlichen Figuren den Beobachter besonders fesselt. Zwischen den starken Hauptstämmen [1]) nämlich und ihren Seitenästen, die sich im Ganzen ähnlich wie beim Pferde, nur in unregelmässigerer Weise verzweigen, findet man hier und dort, aber stets in der Nachbarschaft von Zellen, locale stärkere Anhäufungen elastischer Substanz. Durch ihren auffälligen Bau stellen sie eine für den Netzknorpel des jungen und erwachsenen Rindes eigenartige Bildung dar. Beim Kalbe entspringen von den elastischen Fasern, die im Umkreis an einer Zelle vorüberziehen, in reichlicher Menge feinste Fäserchen, die alle von ihren verschiedenen Ursprungsstellen nach einem Puncte zu convergiren und hier mit einander verschmelzen [2]). Sie setzen so einen Faserkorb zusammen, der gleichsam über eine Zelle hergestülpt ist. Hat man einen solchen quer durch den Schnitt getroffen, so wird die in und unter ihm liegende Zelle frei und man sieht sie von einem einfachen oder doppelten Ringe querdurchschnittener feiner Fasern umgeben [3]). Im Ohrknorpel des Rindes, in dem auch die Zwischensubstanz an Ausbreitung gewonnen hat, sind die nach einem Puncte convergirenden Fasern von diesem aus zu einer Scheibe verschmolzen [4]). Auf ihrer Oberfläche ist sie mit Höckerchen und Stacheln besetzt und wird als Zeichen ihres Ursprungs von kleinen Löchern noch stellenweise durchbohrt. Indem von der Peripherie dieser Scheibe feinste Fort-

1) Fig. 11 H. 2) Fig. 11 r. 3) Fig. 11 t. 4) Fig. 12 z.

sätze nach allen Seiten ausstrahlen, bekommt man ganz den Eindruck einer mit ausgebreiteten Pseudopodien erstarrten Rhizopode. Auch diesen Scheiben liegen stets Zellen an, so dass sie für das Verhältniss der elastischen Substanz zu den Zellen sehr beachtenswerthe Bildungen sind.

Als dritten Typus können wir diejenige Form des elastischen Netzknorpels aufstellen, in der feine Fasern unter reichlicher, allseitiger Bildung von Seitenzweigen und Anastomosen zu einem dichten überall im Raum entwickelten Netzwerk verbunden sind. Diese Form besitzt der Ohrknorpel des Menschen. Beim Neugebornen sind die feinen Netze eben im Entstehen begriffen. Die vom Embryo beschriebenen parallelen Fasern sind hier durch Zunahme der homogenen Zwischensubstanz etwas weiter auseinander gerückt [1]). Die von ihnen rechtwinkelig abgehenden Queräste, welche ebenfalls schon früh im embryonalen Leben sich entwickelt haben, sind stärker und reichlicher geworden [2]). In den Zwischenräumen des so entstandenen gröberen Maschenwerkes, welches abgesehen von der grösseren Feinheit seiner Fasern vermöge der Anordnung derselben dem Netzknorpel des Pferdes gleicht, liegen ein, zwei oder mehr Zellen, die nur um Weniges die embryonalen an Grösse übertreffen. Von den genannten, gleichsam das Gerüste des elastischen Gewebes darstellenden Fasern gehen noch reichlich feinste Aestchen ab. Dieselben hängen wiederum durch eine Menge zarter seitlicher Fäserchen mit einander zusammen und stellen ein feines Netz dar, das kapselartig ein oder zwei Zellen einhüllt.

Durch Anbildung neuen Netzwerkes nimmt beim Kinde diese Zone elastischen Gewebes an Dicke bedeutend zu, wodurch zwei benachbarte Zellen immer mehr von einander getrennt werden.

Da die ursprünglich angelegten Fasern und ihre Queräste während dieser Zeit kaum noch an Dicke zugenommen haben, treten sie gegenüber den immer stärker und reichlicher sich entwickelnden Netzen und den immer dicker werdenden Bestandtheilen derselben mehr und mehr in den Hintergrund.

So kommt es, dass man im Ohrknorpel des erwachsenen Menschen diese Fasern, welche in den vorher angeführten Typen im Bau des elastischen Gewebes eine so hervorragende Rolle spielten, nur an ganz senkrecht geführten Querschnitten mühsam noch heraus-

1) Fig. 13 H. 2) Fig. 13 c.

finden und sich von ihrem Dasein überzeugen kann [1]). Beim Erwachsenen hat ausserdem auch die Zelle an Ausdehnung um ein Vielfaches zugenommen und sich noch mit einer Hülle hyaliner Substanz umgeben. An dünnen Schnitten ist besonders die Unmasse hell glänzender Pünctchen charakteristisch, welche den Fasern der Netze ansitzen. Sie entsprechen den Querschnitten aufsteigender Aestchen und verleihen dem Reticulum das Gepräge des Körperlichen, des im Raume allseitig Entwickelten.

Die feinste Beschaffenheit und Anordnung gewinnt endlich die elastische Substanz in den Ohrknorpeln der Katze, des Schafes und des Rehes, welchen letzteren ich selbst zwar nicht untersucht, aber nach den Angaben Rabl Rückhard's hierher rechnen muss. Besonders beim Schaf bildet die elastische Substanz um die Zellen ein so fein spongiöses Gewebe, dass man selbst mit den stärksten Vergrösserungen dasselbe kaum entwirren kann und an dünnen Schnitten bei oberflächlicher Betrachtung zu der Annahme verleitet werden könnte, dass man eine Ablagerung in Körnchen vor sich hätte. An dicken Schnitten erhält man dagegen ganz den Eindruck, als ob die Zellen in soliden elastischen Kapseln lägen, da man hier den fein porösen Bau nicht mehr erkennen kann, sondern die glänzende Substanz als eine homogene Masse erscheint. Mit nichts lässt sich dies Gewebe besser vergleichen, als mit der fein spongiösen Bindesubstanz in der Retina.

Diese durch alle Stufen zu verfolgende Verfeinerung eines anfangs grobmaschigen elastischen Netzes zu einem äusserst feinen spongiösen Gewebe bietet ein vollkommenes Analogon zum Bau der reticulären Bindesubstanzen, für deren Verständniss diese elastischen Netze als ein vorzügliches Untersuchungsobject empfohlen werden können, einen neuen Beweis bildend für die Richtigkeit der Deductionen, mit denen Max Schultze gegenüber Henle den spongiösen Bau der Bindesubstanz der Centralorgane und Sinnesapparate betont hat [2]).

Beim Schafe liegen um die Knorpelzellen noch Höfe aus rein hyaliner Masse, die ebenfalls hier und da eine Schichtung in hellere und dunklere Partieen zeigt (s. Rabl Rückhard S. 53). Es

1) Fig. 14 H.

2) M. Schultze: Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut, S. 29.

ist daher auch hier im Zellenleben ein gleicher Process eingetreten, wie wir ihn beim Ohrknorpel des Kaninchens geschildert haben.

Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass sowohl beim Schafe als auch bei der Katze, bei letzterer in besonders regelmässiger Anordnung, die in der Entwicklung zuerst angelegten, den Knorpel quer durchsetzenden elastischen Fasern auch später noch deutlich hervortreten, indem sie einander parallel zwischen den Zellenreihen verlaufen. Dass dieselben im Ohrknorpel des Menschen verschwinden, dort aber trotz der dichten Ablagerung elastischer Substanz klar hervortreten, erklärt sich nicht unschwer aus dem grossen Dickenunterschiede der quer durchsetzenden und der ausserordentlich feinen, das spongiöse Reticulum darstellenden Fasern beim Schafe und Kätzchen, ein Unterschied, der beim Menschen fast ganz fehlt.

Ausser den elastischen Fasern fällt in manchen Netzknorpeln noch ein System reich entwickelter feinster Porenkanäle auf. Es ist dies ein Structurverhältniss, auf das die Aufmerksamkeit der Histologen schon öfters gerichtet worden ist. So hat Heinrich Müller [1]) poröse Kapseln am Ohrknorpel des Hundes beobachtet. „In exquisiten Fällen war die fein punktirte Flächenansicht, sowie bei Focalveränderung die fein radiäre Streifung im Profil den Porenkanälen, wie man sie besonders durch Kölliker's Untersuchungen an anderen thierischen Zellen kennt, vollkommen gleich". Andeutungen einer radiären Streifung hat H. Müller auch an anderen Knorpelkapseln, namentlich vom Schwein, jedoch nicht so deutlich gesehen; ferner fiel ihm auf, dass nur immer die jüngste innerste Schicht der Kapseln diese Beschaffenheit zeigt. In einer neuerdings erschienenen kleinen Abhandlung gibt Bubnoff [2]) an, dass es ihm am Hyalinknorpel durch 8—12stündiges Einlegen kleiner Stückchen in eine Lösung Osmiumsäure von $^1/_{40}$ Pct. gelungen sei, feine Kanälchen sichtbar zu machen. In der Zwischensubstanz sollen mit grosser Constanz und ziemlich regelmässiger Vertheilung ziemlich breite Linien auftreten; von den meisten Zellen sollen zwei solcher Linien an den diametral entgegengesetzten Seiten ausgehen, von manchen selbst drei und vier Linien. An der Eintrittsstelle der Linien in die Zellen fand er zuweilen feine Oeffnungen. Für das

1) H. Müller, Würzburger naturh. Zeitschr. I 92.

2) Beiträge zur Kenntniss der Structur des Knorpels. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien Bd. LVII. Abth. I. April-Heft Jahrg. 1868.

Vorhandensein eines solchen physiologischen Kanalnetzes im Knorpel spricht auch die bei Entzündungen im Knorpel auftretende, wie es scheint, auf Erweiterung solcher Ernährungswege beruhende eigenthümliche Rarefication der Grundsubstanz [1]).

Bei niederen Thieren beobachtete Hensen [2]) am Aequatorialring des Auges von Sepia pflanzenzellähnliche Knorpelzellen mit echten Porenkanälen, welche Beobachtungen durch Boll [3]) erweitert wurden. Ferner beschreibt Boll noch aus dem Kopfknorpel der Cephalopoden, besonders von Octopus vulgaris und Sepia Knorpelzellen mit reichlich verästelten Ausläufern. Bei Sepia verlaufen lange Ausläufer parallel nebeneinander und verästeln sich fortwährend unter spitzem Winkel, bis endlich die ganze Intercellularsubstanz ein längsstreifiges Aussehen annimmt.

Etwas Aehnliches ist von mir am Netzknorpel des Ochsen beobachtet. Zunächst an Osmiumpräparaten fiel mir auf, wie die innerste Zone der auch hier die Zellen umgebenden hyalinen Ringe an einzelnen Stellen eine ganz scharfe radiäre Streifung zeigte, ganz so, wie dies H. Müller von den porösen Knorpelkapseln im Ohre des Hundes beschrieben hat [4]). Ebenso konnte ich in seltenen Fällen beobachten, wie von einigen durch die Einwirkung der 1 Pct. Osmiumsäure wahrscheinlich augenblicklich ertödteten Zellen feinste Protoplasmafortsätze in diese Poren eine kleine Strecke weit eindrangen. Als ich Schnitte von mit Osmiumsäure behandeltem Netzknorpel in eine starke, gut färbende Carminlösung brachte, wurde ich bei mikroskopischer Besichtigung derselben durch den Anblick eines reich entwickelten, bei dieser Behandlung deutlich gewordenen Kanalsystems überrascht. An einzelnen Stellen trat dasselbe mit aller für derartige feinere Verhältnisse nur wünschenswerthen Deutlichkeit hervor, so dass ich Täuschungen vollkommen ausschliessen zu können glaube. Feine Kanälchen verlaufen in der zwischen den elastischen Fasern hier reichlich vorhandenen Zwischensubstanz; dieselben sind unter sich parallel, etwas geschlängelt, und halten eine zu dem Hauptstamme rechtwinklige Richtung ein [5]); Theilungen eines

1) Rindfleisch, Lehrbuch der pathologischen Gewebelehre S. 531.

2) Ueber das Auge einiger Cephalopoden (Zeitschrift für wiss. Zoologie 1865. Bd. XV. p. 169).

3) Boll, Beiträge zur vergleichenden Histiologie des Molluskentypus. Archiv für mikrosk. Anat. Supplement S. 15.

4) Fig. 12, 5. 5) Fig. 12 x.

Kanälchens in mehrere Aeste konnte ich nicht beobachten. Zum Theil ziehen die als feine Streifen erscheinenden Kanälchen über die elastischen Fasern hinweg und bedingen ein streifiges Aussehen derselben, zum Theil scheinen sie sich an dieselben anzusetzen. Vielleicht hängen sie hier mit Kanälen zusammen, welche die Fasern begleiten, oder mit einem dieselben umgebenden Hohlraum, und stellen so eine für das Wachsthum der elastischen Fasern wichtige Bildung dar. Von den Stämmen abgehende, feinere elastische Fäserchen irrthümlich für Kanälchen zu halten — ein Bedenken, das bei Manchen vielleicht auftauchen könnte —, ist kaum möglich, so grundverschieden sehen beide Bildungen aus. Diese Bahnen nehmen alle von den Zellen des Knorpels ihren Ursprung. An den meisten Zellen durchsetzen den hyalinen Hof dicht neben einander gelagerte unter sich parallele Streifen, die einerseits von den schon oben beschriebenen Porenbildungen des innersten Theils der Zellwand ausgehen, andererseits ihre direkten Verlängerungen in den die elastischen Fasern kreuzenden Streifen in der Zwischensubstanz finden. Auffallend ist es, dass solche Kanälchen meist nur von den den elastischen Fasern gleichgerichteten Zellwänden entspringen, während die beiden anderen Pole der Zelle frei bleiben. Nur in wenigen Fällen sah ich auch von diesen radiäre Kanälchen ausgehen.

Andeutungen eines ähnlichen Strukturverhältnisses habe ich noch am Ohrknorpel des Kaninchens beobachtet. Es zeigten hier die Wandungen der grossen Zellenhöhlen auf dem Querschnitt ein gezacktes Aussehen und ist es wahrscheinlich, dass wir hier Andeutungen feinster Porenkanälchen vor uns haben (Fig. 7 s, 8 s).

Ich versuche es, zum Schluss die Resultate vorstehender Beobachtungen kurz zusammen zu fassen.

Die elastischen Fasern entstehen im Netzknorpel unmittelbar nach dem ersten Auftreten einer Zwischensubstanz oder gleichzeitig mit ihr und zwar immer unmittelbar auf der Oberfläche des Protoplasma. Die Zellen, welche die ersten elastischen Fasern bilden, liegen in Reihen senkrecht auf die Oberfläche des Knorpels, jede Reihe bildet lange den Knorpel senkrecht durchsetzende Fasern, welche wie Reusen die Zellen umschliessen. Die Fasern sind von Anfang an, auch wenn sie noch von kaum messbarer Feinheit sind, unlöslich in Kalilauge, daher gleich von ihrer ersten Bildung an echtes elastisches Gewebe. Die räumlichen Verhältnisse der Entstehung derselben stützen nicht die bisher verbreitete Ansicht, dass

es sich dabei um eine Umwandlung zuerst gebildeter homogener Knorpel-Grundsubstanz handle, sondern sprechen dafür, dass das Protoplasma der Zellen die elastische Substanz gleich als das fertig bilde, als was wir sie auch später finden. Es ist dieselbe formative Thätigkeit des Protoplasmas (Max Schultze), der die elastische Substanz ihr Dasein verdankt, wie dieselbe im fibrillären Bindegewebe den Fibrillen den Ursprung gibt (vergl. Boll Entwicklung des Bindegewebes, — dieses Archiv Bd. VIII, p. 35, 36).

Die weitere Entwicklung der einmal angelegten elastischen Fasern erfolgt nun durch Intussusception in die extraprotoplasmatische Substanz, wie dies für alle Membran- und Intercellularsubstanzen stattfindet. Dabei entstehen neue Fasern immer nur entweder im Anschluss an die alten, so namentlich die Netze, welche sich an die ersten glatten Fasern bald anschliessen, immer nur durch Auswachsen der ersteren, nie durch freie Bildung elastischer Körnchen oder Fasern inmitten homogener Intercellularsubstanz; oder in der unmittelbaren Umgebung des Protoplasmas der persistirenden Zellen, welche fortfahren, ihre formative Thätigkeit in mannigfacher Weise zu äussern.

In späterer Zeit der Entwicklung kann der Fall eintreten, dass die Zelle, obgleich sie fortfährt, auf ihrer Oberfläche neue Schichten von Grundsubstanz zu bilden, doch elastisches Gewebe zu produciren aufhört. In diesem Falle entstehen die der elastischen Elemente entbehrenden hyalinen Schalen um die Zellen.

Für die Ernährungsvorgänge im Knorpel überhaupt, speciell für das Wachsthum durch Intussusception auch der elastischen Fasern und Netze sind offenbar die Porencanäle von der höchsten Bedeutung.

Meinem hochverehrten Lehrer, dem Herrn Geheimrath Max Schultze, sage ich für die eifrige Unterstützung und für das rege Interesse, das er an meinen Untersuchungen genommen hat, meinen herzlichsten Dank.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. VII.

Alle Figuren sind bei derselben Vergrösserung (Zeiss F Ocular III) gezeichnet. Figur 7 und 8 sind im Verhältniss zu den übrigen etwas kleiner gehalten.

Fig. 1. Schnitt durch den Ohrknorpel eines menschlichen Embryo von 15 Ctm. Länge. Die Zellen in ihrer natürlichen Form gezeichnet. P Gegend des Knorpels in der Nähe des Perichondrium. M Mitte des Knorpels.

Fig. 2. Stückchen eines Querschnittes durch den Ohrknorpel eines menschlichen Embryo von 18 Ctm. Länge. A mehrere elastische Fasern, denen hier und da Zellen dicht anliegen. Zum Theil sind die Zellen aus ihren Knorpelhöhlen herausgefallen. B mehrere Zellen in einer gemeinsamen Knorpelhöhle einer elastischen Faser dicht anliegend.

Fig. 3. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines menschlichen Embryo von 22 Ctm. Länge. a Zelle, die spindelförmig einer elastischen Faser anliegt.

Fig. 4. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines neugebornen Kaninchens, c seitliche Querfaser. Andere Bezeichnungen wie oben.

Fig. 5. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines Rindsembryo von 32 Ctm. Länge. b seitlich entspringende Fasern, die eine den Hauptfasern mehr oder minder parallele Richtung einhalten. d Zelle von seitlich entspringenden Fäserchen korbartig umschlossen. e elastische Faser in der Nähe des Perichondrium sich umbringend und einer Zelle angeschmiegt endigend.

Fig. 6. Flächenschnitt durch den Ohrknorpel eines neugebornen Kaninchens. f die Querschnitte elastischer Fasern.

Fig. 7. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines alten Kaninchens. H die zuerst angelegten, den Knorpel quer durchsetzenden Hauptfasern. h weitmaschiges elastisches Netzwerk. i Knorpelgrube aus der die Zelle herausgefallen ist. m hyaliner Hof um die Zelle. p Andeutung einer Zusammensetzung dieses hyalinen Hofes aus verschiedenen Schichten. s Andeutung von Poren in der Wand der Knorpelhöhle. F Fettkugeln.

Fig. 8. Flächenschnitt durch den Ohrknorpel eines alten Kaninchens. n durch die Messerklinge beim Schneiden hervorgerufene Unebenheiten auf der Oberfläche des Präparates. Q Querschnitte elastischer Fasern

Fig. 9. Flächenschnitt durch den Ohrknorpel des Pferdes. V elastische Queräste, welche die durchschnittenen Fasern (Q) verbinden.

Fig. 10. Elastische Membran, mehrere elastische Fasern verbindend, aus dem Ohrknorpel des Pferdes.

Fig. 11. Querschnitt durch den Ohrknorpel des Kalbes. r elastische Fäserchen einen Korb bildend. t die den Korb bildenden Fäserchen quer durchschnitten.

Fig. 12. Querschnitt durch den Ohrknorpel des Rindes. z Scheibe aus elasticher Substanz gebildet. x von den Zellen ausgehende Kanälchen. y Kanälchen, die sich an die elastischen Fasern anzusetzen scheinen.

Fig. 13. Querschnitt durch den Ohrknorpel eines neugebornen Kindes.

Fig. 14. Querschnitt durch den Ohrknorpel des erwachsenen Menschen.

Fig. 15. Querschnitt durch den Ohrknorpel des Schafes.

H. Den Knorpel quer durchsetzende elastische Hauptfasern.

N. Feinstes elastisches Netzwerk. Die zahlreichen glänzenden Punkte sind Faser-Querschnitte.

h. Hyaline Höfe um die Zellen, hie und da mit Andeutung einer Schichtung.

P. Andeutung von Porenkanälen.

F. Fettkugeln in den Zellen.

Die Untersuchungsmethode des Centralnerven-Systems des Menschen.

Von

Prof. W. Betz

in Kieff.

I. Härtungsmethode.

Um die Präparate bis zu einem gewissen Grade von Festigkeit zu bringen, lege ich sie zuerst in eine Lösung von Jod in Alkohol, dann in eine wässerige Lösung von doppeltchromsaurem Kali. Ich muss bemerken, dass die verschiedenen Theile des Centralnervensystems, nämlich das Rückenmark, das verlängerte Mark, die Varolsbrücke, das kleine Gehirn und das grosse Gehirn, zur Erhärtung verschiedene Zeit und verschiedene Concentration der Lösungen sowohl des Jod im Alkohol, als auch des doppeltchromsauren Kali und einige mechanische Handgriffe erfordern.

Bei der Behandlung des Rückenmarks sammt dem verlängerten Marke und der Varolsbrücke verfahre ich folgendermassen. Nach der Befreiung der oben genannten Theile von der Dura mater hänge ich dieselben in einen hohen Cylinder, in welchem sich schon 75—80 procent. Spiritus befindet, dem durch Jod eine hellbraune Färbung ertheilt wird. Nach Verlauf von 1 bis 3 Tagen wird das Präparat an der Oberfläche härter, dann nimmt man es aus dem Gefässe heraus und präparirt die Pia mater und die Arachnoides ab. Lässt sich die Pia mater an irgend einer Stelle nicht gut abnehmen, so lässt man sie, um der Verletzung des Präparates vorzu-

beugen, auf eine längere Zeit in der Flüssigkeit und präparirt sie erst nach einigen Tagen ab. Am schwersten löst sich die Pia mater am Brusttheil, am leichtesten aber an der Varolsbrücke und am verlängerten Marke ab. Nach der Absonderung der Hüllen legt man das Präparat in die nämliche Flüssigkeit, die sich in Folge der Anwesenheit des Präparats entfärbt hat, was man der Absorption des Jods durch das Präparat zuschreiben muss. Deswegen muss man von Zeit zu Zeit eine starke Lösung des Jdo im Alkohol tropfenweise hinzufügen, bis keine Absorption desselben durchs Präparat stattfindet. In dieser Zeit hat sich das Präparat mit einer gleichmässigen Schicht von Jod durchtränkt, was die Querschnitte des Präparats bestätigen, da sie eine gleichmässige gelbliche Färbung darbieten. Eine so vollständige Durchtränkung des Präparats durch Jod ist erforderlich nur für nicht frische Präparate, da dieselben widrigenfalls bei der Behandlung mit Lösung des doppeltchromsaurem Kali nicht hinreichend hart werden; was aber frische Präparate anbelangt, so braucht bei ihnen die Durchtränkung nicht vollständig zu sein. Ist die Pia mater sorgfältig abgesondert, so erfolgt die Durchtränkung mit Jod höchstens nach 6 Tagen, grösstentheils aber schon früher. Die Absonderung und die Entfernung hat grossen Einfluss nicht nur auf die Durchtränkung mit Jod, sondern auch auf die gleichmässige Erhärtung des Präparats in der Lösung des doppeltchromsauren Kali.

Nach dieser vorläufigen Erhärtung legt man das Präparat, um es vollständig schnittfertig zu machen, in eine 3procentige Lösung von doppeltchromsaurem Kali. Im Spiritus verliert das Präparat einen Theil seines Wassers, wird also leichter und schwimmt deswegen in der Lösung des doppeltchromsauren Kali. Aus diesem Grunde durchtränkt sich das Präparat nicht gleichmässig und ausserdem trocknet der nicht in der Lösung befindliche Theil aus. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, lässt man an dem Präparate zwei bis drei Nervenwurzeln der Lendenanschwellung und befestigt an denselben mit einem Faden ein Stück Blei. Nach 1 oder 2 Tagen sinkt das Präparat auf den Boden des Gefässes, wobei das dünne Ende des Rückenmarkes sich biegt und in Folge dessen zu allmähligen aufeinander folgenden Querschnitten unbrauchbar wird. Will man nun auch aus dem Conus medullaris Querschnitte machen, so lässt man an dem Präparate auch zwei bis drei Wurzeln des Anfangs der Halsanschwellung und bindet an sie ein Gewicht und setzt

das Präparat umgekehrt im Glase ein. Befindet sich an dem Präparate auch die Varolsbrücke, so macht man um dieselbe aus einem Bande eine Schleife und bindet an die letztere ein Gewicht. Die Hals- und Lendenwurzeln kann man an dem Präparate lassen zum Behufe der genaueren Bestimmung der Höhe der Querschnitte, da sie das gleichmässige Durchdringen der Flüssigkeit nicht hindern und die Entfernung derselben keinen wesentlichen Einfluss auf die Erhärtung des Präparats hat. Ganz anders ist es mit den Brustwurzeln. Werden diese nicht sorgfältig abpräparirt und entfernt, so werden die ihnen entsprechenden Stellen nicht schnittfähig, denn entweder bleibt das Präparat lange weich, oder es wird spröde und zerbröckelt an der Eintrittstelle der Wurzeln.

Die Zeit, welche zum Erhärten erforderlich, ist für verschiedene Theile des Rückenmarks verschieden und hängt von dem Frischsein des Präparats und von der Temperatur der beiden Flüssigkeiten ab; sie ist der Dicke des Präparats nicht proportional. Am schnellsten erfolgt die Erhärtung in dem Halstheil, besonders in der Halsanschwellung; am längsten dauert die Erhärtung des Brusttheils; der Conus medullaris erhärtet sich sehr schwer, besonders sein dünnster Theil. Die Varolsbrücke und das verlängerte Mark erhärten verhältnissmässig schnell und sehr gleichmässig. Aus ihnen kann man die besten und feinsten Querschnitte machen.

Nach dem ersten Einlegen der Präparate in Jodspiritus ist es besser, dieselben an einem kalten Orte stehen zu lassen, aber nicht bei Winterkälte, und erst nach Verlauf von 2 bis 3 Tagen kann man sie bei gewöhnlicher Temperatur aufbewahren. Während der Anwesenheit der Präparate in der 3procentigen Lösung von doppeltchromsaurem Kali darf die Temperatur nicht so hoch sein, wie sie im Sommer in den Localen zu sein pflegt, da bei hoher Temperatur sich das Präparat mit einer braunen schmutzigen Schicht bedeckt, was die Durchtränkung verzögert. Das Erscheinen einer Trübung in der Flüssigkeit und die Bildung eines braunen Niederschlags auf dem Präparate, wenn es erst nach längerer Zeit vor sich geht, zeigt eine vollständige Erhärtung desselben an, und man muss dann sogleich dasselbe mit Wasser abwaschen und es in $^1/_2$ bis 1procentige Lösung von doppeltchromsaurem Kali legen, denn sonst wird es zu hart und spröde. In einer solchen Lösung können die Präparate Monate lang aufbewahrt werden, ohne ihre Tauglichkeit für dünne Schnitte zu verlieren.

Aus dem Kleingehirn kann man nur dann gute Präparate bekommen, wenn es einer ganz frischen Leiche entnommen ist. Dünne und zarte Schnitte des Kleinhirns habe ich nur aus zwei Exemplaren an Gehirnen machen können; das eine habe ich einige Stunden nach dem Tode erhalten, das andere gehörte einem Individuum an, das sich mit Alkohol vergiftet hatte und bis zur Untersuchung im Eis gestanden hatte. Vor dem Eintauchen des Kleinhirns in Jodspiritus muss es sorgfältig von den Gefässen und Hüllen befreit werden, besonders sorgfältig muss die Pia mater vom Wurm und Quadratlappen abgenommen werden, denn sonst wirkt die Lösung schwer. Manchmal lässt sich die Pia mater mit Mühe trennen; in diesem Falle muss man das Präparat in eine schwächere Lösung legen, in der schon andere Präparate waren, und die Haut erst nach einigen Stunden entfernen [1]). Nach der Entfernung der Haut muss man das Kleinhirn in eine stärkere Jodlösung legen, häufiger Jod hinzufügen, weil dasselbe Jod schneller absorbirt, und ausserdem muss man das Präparat auf eine Baumwollenschicht legen, wobei zu beiden Seiten des Wurms ebenfalls zusammengeballte Baumwolle zu liegen kommen muss. Sind mit dem Kleingehirn auch die Vierhügel, die Varolsbrücke und das verlängerte Mark noch verbunden, so kommen Ballen von Baumwolle in die Rhomboidalgrube und hinter die Vierhügel zwischen denselben und dem Centrallappen.

Nach Verlauf von 2 bis 3 Tagen nimmt man das Präparat heraus und sondert sorgfältig die Pia mater von der übrigen Masse des Kleinhirns ab, wobei man darauf achten muss, dass die Pia mater wenigstens aus dem Zwischenraume der grossen horizontalen Furche entfernt wird. Weiter muss man beim Herausnehmen des Präparats zur Entfernung der Gefässhaut aus den Räumen zwischen den Lappen und den einzelnen Windungen jedesmal starke Jodlösung hinzufügen und den Grad der Festigkeit des Präparats beobachten. Wenn nach Verlauf von 7 bis 14 Tagen das Präparat mit dem Wurme auf den Zeigefinger gelegt, sich nicht zusammenbiegt,

1) Nach dieser vorläufigen Trennung der Hüllen von den oben genannten Stellen und in dem Falle, dass man genöthigt war, das Präparat in eine schwache Jodspirituslösung zu legen, legt man später das Präparat in eine Lösung von derselben Concentration, welche beim Rückenmarke gebraucht wird.

so lässt man es noch auf 24 Stunden im Spiritus, welchem, falls die Lösung sich entfärbt hat, einige Tropfen starker Jodlösung hinzugefügt werden müssen, dann bringt man es in eine 5procentige Lösung von doppeltchromsaurem Kali und lässt es darin, bis es sich erhärtet hat.

Mit den Grosshirnhemisphären verfahre ich etwas anders. Das herausgenommene Gehirn zerschneide ich längs dem Corpus callosum in zwei Hälften und lege es in schwachen Spiritus, welchem eine solche Quantität Jod hinzugefügt wird, dass die Lösung eine hellbraune Färbung annimmt. Nach einigen Stunden wird die Gefässhaut längs der Sylvi'schen Furche abgenommen, um der Flüssigkeit den Zugang zum Centrallappen zu erleichtern. Ebenso wird die Haut um den Schweif des Corpus callosum und wenn es angeht, auch das Gefässgeflecht abgenommen. Das Präparat stellt man dann an einen kühlen Ort (im Sommer z. B. in den Eiskeller) und sieht zu, ob die Flüssigkeit sich nicht entfärbt. Sobald man dies bemerkt, muss man Jod hinzufügen. Nach 24 bis 48 Stunden wird das Präparat herausgenommen, um die noch haftende Gefässhaut abzunehmen. Geschieht dies leicht, so thut man dies auf einmal, widrigenfalls entfernt man sie nur in der Richtung der grossen Furchen, und besonders sorgfältig muss die Haut am Haken und dem Centrallappen abgenommen werden.

Das Entfernen der Gefässhaut zwischen den Windungen wird mit Hülfe eines scharfspitzigen Messers und einer Pinzette vollbracht; lässt sie sich aber mit Hülfe dieser Instrumente ohne die Beschädigung eines Theils der grauen Substanz nicht entfernen (wenn z. B. die Haut zwischen den Windungen fest anliegt), so ist es besser, mit einer kleinen krummen Scheere in die Räume zwischen den Windungen einzudringen und die Fortsätze der Haut so tief als möglich abzuschneiden. Man muss bemerken, dass beim frischen Gehirne die Gefässhaut sich nicht immer gleich leicht abnehmen lässt. Besonders schwer ist das Entfernen der Gefässhaut von der Spitze des Hinterhauptlappens, weshalb man sie dort lassen muss, bis das Präparat sich mehr erhärtet hat. Je jünger das Subject ist, desto schwieriger ist das Entfernen der Gefässhaut vom Gehirne desselben.

Nach dem Entfernen der Gefässhaut fügt man zu der Flüssigkeit, in der das Präparat gestanden, noch die Hälfte frischer Jodspirituslösung hinzu und lässt es darin 24 bis 72 Stunden stehen,

je nach dem Gange der Erhärtung. Den nöthigen Grad der Erhärtung erkennt man durch Betastung der Zwischenräume zwischen den Windungen mit dem Zeigefinger; ist nämlich die Erhärtung hinreichend, so haben diese Zwischenräume gleichmässige Dichtigkeit, die der Dichtigkeit der Windungen an der Oberfläche gleicht. Um das Eindringen der Flüssigkeit in die Zwischenräume zu erleichtern, legt man in dieselben zusammengeballte Baumwolle; unumgänglich nothwendig ist das für die Sylvi'sche Furche und besonders zwischen dem „Operculum" und dem Centrallappen und in der Richtung des absteigenden Hornes.

Nach allen diesen Manipulationen bringt man das Präparat in frischen 70procentigen Spiritus, dem Jod hinzugefügt ist, und lässt es darin so lange, bis es eine solche Dichtigkeit bekommt, dass die aus der Flüssigkeit herausgenommene Hemisphäre gleichmässig hart ist und beim Liegen auf 2 Fingern sich nicht verbiegt. Eine solche Härte erreicht das Präparat erst nach 10—14 Tagen, wo es dann in eine 4procentige Lösung von doppeltchromsaurem Kali so lange zu liegen kommt, bis es die nöthige gleichmässige Dichtigkeit erlangt und also reif wird für grosse dünne Schnitte. Es muss bemerkt werden, dass das Auftreten der braunen Färbung der Flüssigkeit und die Bildung eines schmutzigen Niederschlags in derselben in den meisten Fällen auf das Eintreten der vollständigen Erhärtung deutet, doch ist dieses Kennzeichen nicht immer richtig. Ist der Niederschlag stark, das Präparat aber noch nicht reif zum Schneiden, so muss man es mit frischem Wasser abspülen und in einer frischen Lösung von doppeltchromsaurem Kali bis zur vollständigen Erhärtung liegen lassen.

Das Präparat ist reif für die feinen Schnitte, wenn ein Schnitt durch die ganze Dicke der Hirnhemisphäre eine beinahe auf der ganzen Fläche gleichmässige gelbbraune Farbe hat. In dem Rückenmarke und dem verlängerten Marke ist, wenn das Präparat schon fertig ist, die graue Substanz heller als die weisse.

Hält man sich an dieses Verfahren, so gelingt das Härten in mehr oder weniger kurzer Zeit, und zwar nicht nur von frischen Gehirnen, sondern auch von solchen, welche schon einige Zeit an der Luft gelegen haben.

Mir gelang es immer, ganze Hemisphären zu erhärten, selbst wenn die Gehirne Leichen 3 bis 4 Tagen nach dem Verscheiden entnommen waren. Gewöhnlich bedarf man zur Erhärtung eines

solchen Gehirns mehr Zeit und concentrirteren Spiritus. Diese Methode ist zu allen Jahreszeiten anwendbar; im Sommer z. B. ist für die vorläufige Erhärtung im Jodspiritus die Temperatur des Eiskellers hinreichend. Ein nach dieser Methode vollständig erhärtetes Gehirn gestattet sehr dünne Querschnitte von grossen Flächendimensionen zu machen. Ich besitze Präparate der ganzen Varolsbrücke mit den Vierhügeln, die so dünn sind, dass man dieselben selbst mit einem Immersionssystem betrachten kann.

In letzter Zeit ist es mir gelungen, Präparate zu machen, die einen Querschnitt der ganzen Hemisphäre darstellen. Aus dem Rückenmark und dem verlängerten Marke, die auf oben beschriebene Weise vorbereitet waren, kann man ungewöhnlich dünne Präparate bekommen, z. B. $^1/_{12}$ bis $^1/_{20}$ Millimeter Dicke.

Dass die Präparate wirklich so dünn sind, beweist der Umstand, dass ich aus einem 1 Millimeter langen Stücke des Rückenmarks 12 bis 20 vollständige Querschnitte bekommen habe. Eine andere Methode der vorläufigen Erhärtung des centralen Nervensystems, nämlich das Einsenken derselben in eine Mischung von gleichen Volumtheilen von Aether und Chloroform, hat zwar den Vorzug, dass grosse Massen, z. B. das Kleinhirn und das ganze Grosshirn, in dieser Flüssigkeit schwimmen können, und daher von allen Seiten gleichmässiger durchtränkt werden und dann besser und schneller in der Lösung von doppeltchromsaurem Kali hart werden. Da aber diese Mischung kostspieliger ist und dann weiter sehr stark lösend auf das Protoplasma, die zarten Nervenfortsätze der Ganglienzellen einwirkt, so kann sie nicht empfohlen werden.

II. Die Bereitung der Querschnitte.

Nach der erfolgten Erhärtung legt man das Präparat in Wasser, um das doppeltchromsaure Kali zu entfernen, und je nach der Grösse desselben dauert dieses einen bis mehrere Tage. (Es versteht sich von selbst, dass je häufiger das Wasser erneuert wird, desto schneller die Auswaschung vor sich geht.) Vollständige Entfernung des doppeltchromsauren Kali ist nur bei dünnen Schnitten möglich; grössere Stücke wäscht man bloss so lange, bis das Kalisalz nicht mehr im Ueberflusse darin enthalten ist, was man dadurch erkennt, dass das erneuerte Wasser erst nach 2 bis 3

Stunden eine kaum merkliche schwach gelbliche Färbung annimmt.

Sehr wichtig ist bei der Bereitung der Querschnitte die Einrichtung des schneidenden Instruments; die Hauptsache aber dabei ist die Vermeidung der Reibung beim Führen des Instruments längs der Schnittfläche und die Vermeidung des Anklebens einerseits des Instruments am Präparat, andererseits des abzuschneidenden Querschnitts an der oberen Oberfläche des Instruments. Das sind Hauptmomente, die bis jetzt nicht gehörig beachtet waren und von denen die Bereitung grosser und dünner Schnitte sehr wesentlich abhängt. Unkenntniss dieser Hindernisse oder nicht gehörige Beachtung derselben sind der einzige Grund, dass die Bereitung grosser und dünner Querschnitte der individuellen Fähigkeit und Geschicklichkeit zugeschrieben wird.

Das von mir vorgeschriebene Verfahren beseitigt sowohl die Reibung, als auch das Ankleben und setzt Jedermann in den Stand, nach einiger Uebung grosse Schnitte und zwar immer in einer und derselben Fläche zu machen. Um dies zu erreichen, gebrauche ich ein Rasirmesser, dessen Klinge so gemacht ist, dass die obere Fläche derselben convex ist, die untere aber concav und zwar so, dass der Radius der unteren Krümmung etwas kleiner ist, als der der oberen, wie man es aus der folgenden Abbildung sehen kann, welche einen Querschnitt der ganzen Klinge darstellt.

Die Klinge muss $1^1/_2$ bis 2mal so lang sein, als sie breit ist, die Dicke derselben darf nicht mehr als $^1/_3$ der Breite betragen; an dem Heft muss die Klinge angebracht sein. Zum Erzeugen von grossen Querschnitten gebrauche ich grosse Klingen, die nach demselben Principe construirt sind, nur haben sie eine verhältnissmässig geringere Dicke; sie ist bei ihnen gleich der der kleineren Klingen. Um z. B. Querschnitte aus einer ganzen Hemisphäre machen zu können, habe ich entsprechende Klingen angewandt; sie waren 21 Ctm. lang und 10 Ctm. breit.

Diese Form des schneidenden Instruments gestattet mir eine bleibende Schicht Flüssigkeit sowohl über der Schnittfläche, als auch unter dem gemachten Präparate zu haben. Aus diesem Grunde klebt das Messer nicht an der Schnittfläche und vermindert sich

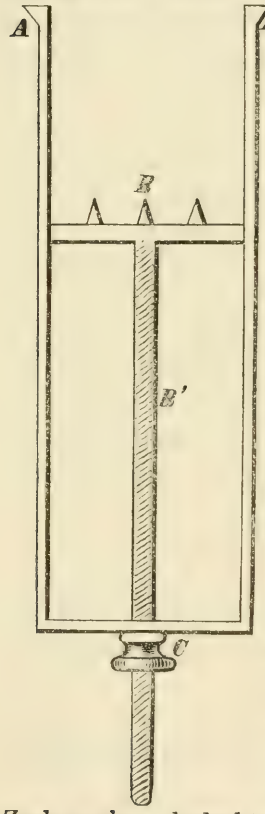
die Reibung zwischen dem Messer und der abgeschnittenen dünnen Schicht, da dieselbe durch eine Flüssigkeitsschicht vom Messer getrennt bleibt. Damit sowohl das Messer als auch die abgeschnittene dünne Fläche immer von einer Wasserschicht bespült sei, muss letzteres im Ueberfluss vorhanden sein. Diesen Zweck erreicht man nicht durch das einmalige Eintauchen des Messers in Wasser, was bei der Bereitung gewöhnlicher mikroskopischer Präparate von kleinen Dimensionen in den meisten Fällen hinreicht; bei grossen Schnitten müssen fortwährend einige Tropfen Wasser auf die Schnittfläche fallen, damit bei jeder weiteren Bewegung des Messers dasselbe von Wasser bespült werde. Ich verwende zu diesem Behufe eine gewöhnliche chemische Spritze und lasse mit Hülfe einer Kautschukröhre durch Einblasen von Luft in dieselbe die Flüssigkeit je nach Bedarf tropfenweise oder in einem Strahle auf das Messer und das Präparat fliessen. Beim Erzeugen grosser Schnitte ist die Einrichtung der Spritze eine andere: anstatt einer einzigen Ausflussröhre müssen hier drei sein, man hat also nöthig dazu einen Kolben mit weiterem Halse, in welchen man einen 4mal durchbohrten Korken einzusetzen hat und in die Löcher drei Röhren, die in einer geraden Linie liegen müssen. Der Gebrauch der Spritze ist bei der Bereitung sowohl der grossen als auch der kleinen Schnitte ein wichtiges Hülfsmittel. Von der Wichtigkeit und Nothwendigkeit, eine permanente Flüssigkeitsschicht zwischen dem Messer, dem Präparate und dem gemachten Schnitte zu haben, wird sich Jeder leicht überzeugen, sobald er Schnitte aus den erhärteten Theilen des centralen Nervensystems machen wird, da diese Präparate verhältnissmässig leicht zerbrechlich sind. Hat man daher keine Flüssigkeitsschicht unter der abgeschnittenen Fläche, so wird die Reibung so gross, dass die dünnen Schnitte brechen oder eine ungleich dicke Fläche zu Stande kommt.

Der einzige Weg, die Lage der Nervenelemente kennen zu lernen, ist das Studium aller aufeinander folgenden Querschnitte derselben.

Macht man die Schnitte aus freier Hand, wird man, will man nicht etwas vom ganzen Präparate verlieren, dieselben nicht immer parallel bekommen können. Gewöhnlich wird die Schnittfläche allmählich und zwar schon nach 10 Schnitten concav, und deshalb haben dünne Schnitte oft zu grosse Dimensionen und die Elemente haben ihre natürliche Gruppirung verloren.

Um nun den Bestandtheilnn ihre natürliche Gruppirung wiederzugeben, muss man schon einen Theil der zu untersuchenden Substanz aufopfern und den krummen hervorragenden Theil durch einen ganz horizontalen Schnitt entfernen. Durch diese Operation verliert man die Möglichkeit, die Lage der Nervenelemente in dem abgeschnittenen Stück zu verfolgen, da es uneben und dick ist.

Zum Behufe der Beseitigung aller dieser Uebelstände bediene ich mich beim Erzeugen von dünnen Schnitten folgenden Apparates. In eine kupferne oder hölzerne Röhre, cylindrischer Form **A A'** und gleichen Kalibers, passt genau eine kupferne oder hölzerne Scheibe B, die sich in der Röhre auf und ab bewegen kann. Diese Scheibe sitzt auf einer Schraube B' fest, die genau durch die Mitte des Bodens der Röhre geht. Unmittelbar unter dem Boden der Röhre sitzt auf dieser Schraube eine Schraubenmutter C. Beim Drehen dieser letzteren nach der einen oder der anderen Seite hebt oder senkt sich die Scheibe B. Durch diese Einrichtung kann also die Scheibe B allmälig auf 1, $^1/_2$ Linie oder auf irgend einen Bruchtheil der Linie gehoben werden. Das Präparat, von welchem man dünne Schnitte zu machen beabsichtigt, wird auf folgende Weise in diesen Apparat gebracht. Ich bereite aus aufgewärmtem Baumöl und gewöhnlichem gelben Wachs eine feste Masse, die sich mit einem scharfen Rasirmesser schneiden lässt (diese Masse ist nach der Vorschrift des Prof. P. J. Peremeschko bereitet). Sobald die Masse fertig ist, giesse ich einen Theil derselben auf die Scheibe und zwar gerade soviel, dass die auf der oberen Fläche derselben sich befindenden Zacken eben bedeckt werden. Nach dem Erkalten der Masse im Apparate lasse ich die Scheibe einige Male auf- und abgehen, dann bringe ich dieselbe in eine solche Lage, dass in den Zwischenraum zwischen der oberen Fläche derselben und den freien Rändern des Cylinders das zu schneidende Präparat sich ganz bequem bringen lässt. Vor dem Hineinstellen des Präparats wird es



auf eine Viertelstunde in Spiritus gelegt und gleich darauf in die geschmolzene kaum warme Masse eingetaucht und herausgenommen. Nach dem Erkalten der dünnen Schicht der Masse auf der Oberfläche des Präparats wird dasselbe wiederum in dieselbe hineingetaucht und sogleich herausgenommen. Dieses Eintauchen wiederholt man so lange, bis sich um das Präparat herum eine gleichmässige 3 Linien dicke Schicht bildet. Das auf diese Weise vorbereitete Präparat wird in eine solche Lage, die für die Schnitte die geeignetste ist, auf die Scheibe gestellt, die Zwischenräume aber zwischen dem Präparat und den inneren Wänden des Cylinders mit geschmolzener Masse bis an die Ränder gefüllt.

Bei der Bereitung der Schnitte mit Hülfe dieses Apparats kommt die Klinge des Rasirmessers auf die Ränder zu liegen, man steckt sie in die feste Masse ein und bekommt, dieselbe wie eine Säge gleichmässig bewegend, die oberste Schicht. Darauf hebt man mit Hülfe der Schraubenmutter C das Präparat auf eine bestimmte Höhe und macht den folgenden Schnitt u. s. w. Da das Wasser die fette Masse nicht befeuchtet, so muss hier die Spritze mit Spiritus gefüllt sein, um die oben beschriebenen Vortheile, welche das Vorhandensein einer Flüssigkeitsschicht zu beiden Seiten des schneidenden Instruments gewährt, geniessen zu können.

Der beschriebene Apparat gewährt noch ausserdem den Vortheil, dass man die Arbeit nach Belieben unterbrechen und auf eine unbestimmte Zeit verschieben kann; dazu braucht man blos die Scheibe mit dem Präparate zu senken und die Oberfläche derselben mit der Masse zu verkleben, die von den schon gemachten Schnitten abgenommen wird. Ich habe z. B. ein auf diese Weise verwahrtes Präparat 4 Monate lang gehabt und konnte daraus nach Belieben Schnitte machen. Weiter eignet sich dieser Apparat für bequeme und gefahrlose Versendung der Präparate auf weite Strecken zum Behufe der gemeinsamen Untersuchungen und des Durchsehens derselben. Der Zweite kann sich dann auch überzeugen, an welcher Stelle geschnitten wurde.

3. Das Färben der Präparate.

Jedes geschnittene Präparat kommt direct von der Klinge in ein reines Gefäss mit frischem Wasser; um sie aber nicht zu ver-

wechseln, ist es besser, dieselben gesondert in einzelnen Gläsern aufzusammeln. Um die obere und untere Fläche des Präparats unterscheiden zu können, mache ich vor den Querschnitten am Gesammtpräparate mit dem Messer eine Marke, wodurch das Rechts und Links unterschieden wird.

Im Wasser lasse ich die Präparate 24 bis 72 Stunden, je nach dem Grade der Erhärtung derselben. Dieses Wasser muss besonders, wenn man während des Sommers arbeitet, häufig erneuert und in jedes Gläschen ein Stückchen Kampher hineingelegt werden, wie es von Max Schultze vorgeschlagen, um dem Aufkommen der Infusorien vorzubeugen. Aus dem Wasser bringe ich die Präparate in eine Carminlösung. Verschiedene Färbemittel, die in letzterer Zeit zum Färben mikroskopischer Präparate vorgeschlagen wurden, z. B. Indigo, Anilinfarben, Lösungen verschiedener färbender Substanzen vegetabilischen Ursprungs, sind nicht anwendbar zur Färbung der Präparate vom centralen Nervensystem. Einige von ihnen werden zu wenig absorbirt, andere wiederum werden ausgewaschen beim Entwässern der gefärbten Präparate. Das beste und vielleicht das einzige Färbemittel für diese Präparate bleibt das von Gerlach vorgeschlagene Carmin, oder wie es Andere nennen, karminsaures Ammoniak. Ich glaube die Ansicht von Deiters bestätigen zu können, dass nämlich, wenn überhaupt das Färben der Nervenpräparate nothwendig ist, der Gebrauch des Carmin zu diesem Zwecke nichts zu wünschen übrig lässt. Dass das Carmin bei der Absorbtion auf die verschiedenen Nervenelemente verschieden wirkt, beweist der Umstand, dass verschiedene Nervenzellen verschieden gefärbt erscheinen, wie es Hr. Mautner gefunden. Hr. Deiters, der dieses nicht zugeben will, gesteht jedoch, dass einige Gruppen der Nervenzellen das Carmin mehr, andere weniger absorbiren. Ich kann diesen Umstand nicht nur bestätigen, sondern muss noch hinzufügen, dass es Gruppen von Nervenzellen gibt, die nur ein bestimmtes Quantum von Carmin absorbiren, denn man mag Carminlösungen von verschiedenem Concentrationsgrade anwenden und dieselben auf die Präparate so lange man will einwirken lassen, diese Nervenzellen gehen keine weitere Veränderung ein. Aus diesem Grunde muss man das Färben der Präparate mit Carmin für ein wichtiges Hülfsmittel beim Studium des centralen Nervensystems halten. Die Carminlösung bereite ich auf folgende Weise. Das gewöhnliche Carmin, wie es im Handel zu haben ist, wird mit

einem Quantum Wasser in einem Mörser so lange gerieben, bis sich eine dicke, syrupartige Masse bildet; auf diese zähe Flüssigkeit giesst man unter stetem Rühren Ammoniaklösung. Die so erhaltene Carminammoniaklösung verdünne ich mit einem grossen Quantum Wasser und filtrire, um die dem besten Carmin beigemengten Substanzen, z. B. Glaspulver, zu beseitigen.

Diese filtrirte Lösung lasse ich in einem unverkorkten Gefässe an der Sonne (das Gefäss muss aus grünem Glase sein) stehen, bis ein schmutzig-rother, flockiger Niederschlag erscheint, und filtrire abermals durch ein frisches Filtrirpapier. Das Filtrat lasse ich wiederum bei denselben Bedingungen stehen und filtrire es abermals von dem erschienenen Niederschlage ab. In den meisten Fällen bildet sich ein dritter Niederschlag nicht; sollte sich aber ein solcher bilden, so muss man wieder filtriren und das Filtrat von nun an in einem verschlossenen Gefässe aufbewahren. Die so bereitete Lösung lässt sich Monate lang, ja sogar ein ganzes Jahr aufbewahren, ohne sich weiter zu verändern. Sie färbt sehr schnell alle mikroskopischen Präparate, besonders charakteristisch aber die des centralen Nervensystems. Eine halbe, höchstens eine Stunde ist hinreichend, um Präparaten von beliebig grossen Dimensionen die vollständigste und intensivste Färbung zu ertheilen. Sind aber die Schnitte sehr dünn und sind sie gut mit Wasser durchtränkt, so erscheint die vollständigste Färbung nach 10 bis 15 Minuten, und von da an absorbiren die Präparate gewöhnlich nur noch höchst langsam die färbende Substanz.

Zuerst färbt diese Carminlösung die graue Substanz und zwar deren körnige Masse, dann die verschiedenen Gruppen der Nervenzellen, Epitelium, und dann die übrigen Bestandtheile. Mit einer verdünnteren Carminlösung kann man nach Belieben einige Theile gefärbt, andere aber nicht gefärbt erhalten, wodurch man im Stande ist, hübsche und lehrreiche Präparate über der Gruppirung der grauen Substanz zu bekommen, die bei den Vorlesungen sowohl dem unbewaffneten Auge, als auch unter dem Mikroskope gezeigt werden können. Bei der Bereitung der Carminlösung, besonders während des Sommers, kommt es manchmal vor, dass sie sich mit einer weissen flockigen Hülle bedeckt und einen üblen Geruch verbreitet. Dieser Umstand schadet aber nicht allein nicht der Bereitung der Lösung, sondern im Gegentheil beschleunigt dieselbe. Nach dem Abfiltriren des ersten Niederschlags braucht man auf diesen

üblen Geruch nicht zu achten; er verschwindet nach einiger Zeit und die fertige Carminlösung hat keine Spuren von demselben Der oben beschriebene flockige Niederschlag, der bei der Bereitung der Carminlösung entsteht, behält nach dem Auswaschen mit destillirtem Wasser noch einen Theil der färbenden Substanz. Die Eigenschaften derselben sind folgende: Aetzkalilösung löst einen Theil derselben. Diese Kalilösung ist tiefroth (wie Himmbeeren); mit Essigsäure gibt er einen flockigen Niederschlag, der in concentrirter Essigsäure löslich ist. Gelbes Blutlaugensalz (Kali ferro-cyanicum) erzeugt in der letzteren Lösung einen Niederschlag, aber das rothe Blutlaugensalz, „Cyatetum ferrico-kalicum", erzeugt keinen Niederschlag. Der aus Kalilösung mit Essigsäure gefällte Niederschlag ist frei von der färbenden Substanz und erscheint nach mehrmaligem Auswaschen mit destillirtem Wasser ganz farblos. Gibt man zur Lösung im Aetzkali etwas Zucker und darauf Schwefelsäure, so erscheint auf der Berührungsfläche dieser Substanzen eine schwachviolette Färbung, die schnell verschwindet. Beim Kochen der Kalilösung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd erscheint, nachdem ein Theil der Flüssigkeit verdampft ist, eine violette Färbung. Der aus Kalilösung mit Essigsäure gefällte Niederschlag löst sich beim Kochen mit concentrirter Salzsäure, ohne jegliche Färbung.

Der in Aetzkali unlösliche Theil des Niederschlags wird auch von concentrirter Essigsäure nicht gelöst. Mit Zucker und Schwefelsäure tritt keine violette Färbung auf. Beim Kochen mit Salzsäure wird er nur theilweise gelöst und die Lösung bleibt ungefärbt. Bei Behandlung derselben mit Kupfervitriol nimmt er eine ziegelrothe Färbung an. Er löst sich in Ammoniaklösung; Jodlösung färbt ihn gelb.

Diese Reactionen zeigen nun 1. dass die Lösung des Handelscarmin in Ammoniak zwei verschiedene albuminartige Körper enthält, die unter dem Einflusse des Lichts und der Wärme sich theils zersetzen, theils aus der Lösung ausscheiden; 2. dass die färbenden Eigenschaften des Carmin besonders in Bezug auf animalische Gewebe vom Vorhanden- oder Nichtvorhandensein der kleinsten Spuren von freiem Ammoniak abhängen; 3. dass die Bildung der kleinen Körnchen in einer filtrirten Carminlösung, die immer plötzlich auftritt und der Deutlichkeit der histologischen Präparate schadet, wie es bereits von Vielen bemerkt

wurde, durch eine Scheidung der albuminartigen Körper aus der Lösung, nicht aber des Thonerdehydrats, wie es fälschlich von Einigen angenommen wurde, erklärt werden kann.

Das Verhalten der Niederschläge zu verschiedenen Reagentien zeigt, dass der in Kali lösliche Theil des Niederschlags dem »Paralbumin«, der andere dagegen dem „Ichtydin" entspricht.

4. Das Zukleben der Präparate.

Die gefärbten Präparate werden nach gehörigem Liegen im Wasser in Spiritus gelegt, dessen Concentrationsgrad sich allmählig steigert. Zum letzteren Zwecke habe ich eine Reihe von Gläsern, welche gewöhnlichen Spiritus enthalten. Jedes Präparat kommt zuerst in das erste Gläschen, dann in das zweite, dritte u. s. w. Während also das erste Präparat z. B. im zehnten Gläschen ist, ist das zweite im neunten, das zehnte im ersten. Nach dem Durchwandern einer Reihe von 10 Gläschen mit Spiritus kommt das Präparat in absoluten Alkohol, wo es schon ganz entwässert wird und nun geklärt werden kann.

Die Behandlung der Präparate mit Spiritus, dessen Concentrationsgrad erst allmählich sich vergrössert, hat folgende Vorzüge: 1. die Zeitdauer der vollständigen Entwässerung des Präparats wird dadurch genau bestimmt und ist verhältnissmässig kürzer, als ohne diese Massregel; 2. da das Präparat sein Wasser erst allmählich verliert, so zieht es sich gleichmässiger zusammen und wird nie so spröde wie das, welches aus dem Wasser gleich nur in eine Portion Spiritus und dann sogleich in absoluten Alkohol kommt. Besonders spröde wird das Präparat, wenn es zu lange in absolutem Alkohol bleibt; da aber die Zeitdauer der Entwässerung schwer zu bestimmen ist, so kommt das Präparat aus dem absoluten Alkohol zu hart heraus.

Zum Klären der Präparate eignet sich am besten das nicht zu dickflüssige, etwas verharzte Terpentinöl, welches selbst dem „Oleum caryophyllorum", das am meisten zu diesem Zwecke angewandt wird, vorzuziehen ist. Für die Vorzüglichkeit des verharzten Terpentinöls bürgt der Umstand, dass die durch dasselbe geklärten

dünnen Präparate bedeutend weicher und biegsamer sind, als die mit anderen klärenden Mitteln behandelten.

Für das Einschliessen der Präparate, um sie für ewig aufbewahren zu können, eignet sich am besten die Lösung des Damarharzes in Terpentin, die im Handel unter dem Namen Damarlack bekannt ist. Präparate, die von dieser Lösung eingeschlossen sind, haben alle Eigenschaften von denen, die mit Terpentin geklärt sind. Ich muss noch hinzufügen, dass der Theil der Lösung, welcher über die Ränder des Deckglases läuft und so der Luft den Zutritt versperrt, schneller austrocknet, als dies beim canadischen Balsam oder Mastixlacke der Fall ist. Um der schnelleren Austrocknung der Lackschicht um das Deckglas herum willen und um das Verschieben des Glases und mit ihm des Präparats zu verhüten, bestreiche ich die Ränder des Glases, nach dem Rathe des Hrn. Prof. P. P. Alexeeff, mit einer dicken Schichte der Lösung des Schellack im Spiritus, die durch die blaue Anilinfarbe gefärbt ist. Das schnelle Austrocknen der Schellacklösung setzt mich in den Stand, sehr bald nach dieser Operation an die Untersuchung des Präparats zu schreiten.

5. Der Polarisations-Apparat.

Die Untersuchung der Gewebe im polarisirten Licht, um ihren Elementarbau kennen zu lernen, ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden, und hat, soviel ich weiss, noch keine Anwendung bei der anatomischen Analyse des Centralnervensystems gefunden. Da die Nerven des Gehirns im polarisirten Lichte in den verschiedenen Farben des Farbenspectrums gefärbt erscheinen, daher von den nicht dem Gehirne angehörigen Nerven und anderen Geweben des centralen Nervensystems unterschieden werden können, so benutzte ich das polarisirte Licht, um den Gang und die Gruppirung derselben zu verfolgen. Zu diesem Zwecke eignet sich am besten ein dünnes Gypstäfelchen, das beim Kreuzen der Nikol'schen Prismen ein carminrothes Feld gibt, bei der parallelen Lage derselben aber ein grünes. Die Gypsscheibe wird mit Papierstreifen auf einem Deckel von Pappe befestigt; dieser Deckel wird auf den Tisch gelegt und hat eine Oeffnung, die der Oeffnung in dem Tische ent-

spricht. Der Deckel kann also herabgenommen und wieder aufgesetzt werden, ohne dass die frühere Lage der Gypsscheibe geändert wird.

Der Polarisationsapparat erweist einen grossen Dienst besonders beim Verfolgen der Fasern im grossen Gehirne, die von Carminlösung nicht gefärbt werden können und daher auf grossen Schnitten unter dem Mikroskop schwer zu erkennen sind.

Nachträgliche Bemerkungen zur Kenntniss der Vibrioniden.

Von

Oscar Grimm

in St. Petersburg.

Im Bd. 8 dieses Archivs, pp. 514 bis 530, habe ich die Resultate meiner Untersuchungen der Vibrioniden mitgetheilt, und nachdem ich meine Studien auf diesem Gebiet fortgesetzt habe, und zwar nicht ohne Erfolg, so erlaube ich mir einen Nachtrag hier zu liefern, der zur wahren Erkenntniss dieser höchst interessanten Geschöpfe beizutragen hat.

In dem oben bezeichneten Artikel theilte ich mit, dass die Vibrioniden die athmosphärische Luft als Nahrung verbrauchen und derselben durchaus nicht entbehren können, setzte aber noch hinzu, dass es meiner Ansicht nach nothwendig ist genauere Experimente anzustellen, um die Frage über die Ernährung der Vibrioniden zu lösen [1]). Späterhin habe ich aber vielfach eine Thatsache beobachtet, die keinen Zweifel zulässt, dass die Vibrioniden nicht nur Gase aufnehmen, sondern auch flüssige Körper, indem sie dasselbe, aller Wahrscheinlichkeit nach, auf endosmotischem Wege bewerkstelligen, da sie gar keine speciellen Organe zur Nahrungsaufnahme bis jetzt gezeigt haben.

Indem ich einen Tropfen Schlamm mit dem Mikroskop untersuchte, welcher Vibrioniden und verschiedene andere Organismen, so auch eine Algenart mit ihren Sporen enthielt, bemerkte ich, dass die Vibrionen sich um die einzelnen Sporen ansammelten und, indem

1) l. c. p. 524.

sie sich an dieselben mit ihrem einen Körperende anlegten, sich strahlenartig rings herum anreihten, wobei die meisten noch ihre zitternden Bewegungen vollstreckten; es schien mir zuerst, als ob die Vibrionen in die Sporen eindringen wollten und dies veranlasste mich nämlich zur längeren Beobachtung, die mich aber zu der Ueberzeugung geführt hat, dass dies nicht stattfindet, sondern dass die Vibrionen, eine längere Zeit in der beschriebenen Lage verweilend, eine gleichmässig grünliche Färbung annehmen, was mich denn auch vollkommen überzeugt hat, dass hier nur ein Ernährungsprozess stattfindet, um so mehr, da die Sporen selbst zuletzt verändert, angegriffen aussahen, indem ihr Inhalt stark vermindert wurde. Aber noch mehr wurde ich in der Richtigkeit meiner Beobachtung und des aus ihr gezogenen Schlusses überzeugt, als ich einige Tage einen röthlichen Anflug bei den Vibrionen erkannte, deren ich eine Masse in einer todten Mückenlarve vorfand, die ebenfalls röthlich gefärbt war [1]). Endlich, während meiner Untersuchung der Sycuvia Uvella Ehrb. [2]), scheiterten alle meine Hoffnungen eine Kolonie dieses Protisten aus einer Cyste zu erhalten namentlich dadurch, dass während der langen Periode der Entwicklung und der Ruhe der Cysten auf dem Objectglase sich eine Menge Vibrionen einfanden, die die Cysten angriffen und verzehrten, so dass ich immer nur Ueberbleibsel derselben erhielt. Dabei blieben die Vibrionen farblos, da ihre Nahrung ebenfalls ungefärbt war.

Ganz das Nämliche habe ich auch bei den Spirillen beobachtet.

Hinsichtlich der Bewegungen der Vibrioniden habe ich noch zu dem in meinem Artikel Gesagten hinzuzusetzen, dass bei den Spirillen manchmal ein Geradstrecken des einen oder des andern Endes zu beobachten ist; — indem eine Spirille auf eine kurze Zeit stehen bleibt, biegt sie das eine oder das andere Ende ihres Körpers geradlinig, streckt es in die Länge, und dies wird von ihr manchmal zwei oder drei Mal hintereinander vollzogen, ehe sie wieder fortrollt.

Da ich aber mehrmals Gelegenheit gehabt habe zu beobachten, wie Oscillarien sich plötzlich in eine mehr oder weniger langstreckige Spirale einwinden, und auch sonst überzeugt bin

1) Dies ist ihre natürliche Farbe, die sie auch während des Lebens besitzt.

2) Hier merke ich an, dass dieses höchst merkwürdige Geschöpf neuerdings von mir so ziemlich vollständig untersucht worden ist, wobei ich sehr interessante Thatsachen hinsichtlich seiner Entwicklung zu beobachten Gelegenheit gehabt habe.

von der nahen Verwandschaft der Vibrioniden mit den Oscillarien, was ich späterhin näher anzudeuten habe, vermuthe ich dass die Spirillen ursprünglich eine geradstreckige Form besitzen, und sich erst später spiralig einwinden; leider ist dies aber nur eine aprioristische Vermuthung, die ich thatsächlich nicht begründen kann.

Bei der Beschreibung des Copulationsprozesses der Vibrioniden, welchen ich späterhin wieder öfters beobachtet habe, merkte ich an, dass es mir nie gelungen ist, die Theilung dieser Organismen zu beobachten [1]), so dass ich genöthigt war anzunehmen, dass diese ihnen ganz abgeht. Dessen ungeachtet aber beschrieb ich dort den von mir beobachteten Theilungsprozess bei einem den Vibrionen sehr nahe stehenden Wesen, welches augenscheinlich eine Uebergangsform zu den Phycochromaceen darstellt. Jetzt bin ich aber genöthigt von meiner damaligen Ansicht mich loszusagen, da ich späterhin mehrmals die Gelegenheit hatte den Theilungsprozess factisch zu beobachten wie bei den Vibrionen, so auch bei den Spirillen.

Nachdem ein Vibrio eine gewisse Grösse oder vielmehr Länge erreicht hat, zieht sich sein Inhalt ein wenig in der Richtung zu den Centren der zwei Hälften des gesammten Körpers zusammen, wobei man in der Mitte des Stäbchens, also auf der Grenze der Hälften einen quer zur Längsaxe gelegenen Streifen gewahr wird, der etwas später als eine eingeschnürte Theilungsstelle erkannt wird. Es schien als ob der Inhalt an dieser Stelle sich getheilt oder entfernt habe, und in der äusseren Schicht eine Einschnürung entstanden wäre. Gemäss der Ausbildung dieser Einschnürung bog sich der Vibrio, indem er fortfuhr sich zu bewegen, immer mehr in seiner Mitte, d. h. in der Theilungsebene, bis er schliesslich zerbrach; — so geschah denn die Theilung, nach der die beiden Sprösslinge ihre Bewegungen und ihr Leben unabhängig von einander begannen.

Den eben beschriebenen Theilungsprozess habe ich mehrmals bei verschiedenen Vibrionen beobachtet und kann denselben nicht als die von mir früher beschriebene Theilung der zuvor copulirten Individuen anerkennen, da hier der sich theilende Vibrio unter meinen Augen gewachsen war und ursprünglich gar keine Grenzlinie in der später zu beobachtenden Theilungsebene zeigte. Ausserdem habe ich noch bei den Spirillen die Theilung beobachtet; was noch mehr dazu beigetragen hat, dass ich das Vorhandensein dieses Prozesses bei

1) l. c. pp. 522 et 525.

den Vibrioniden anerkennen musste. — An einer langen Spirille war ursprünglich gar keine Theilung in Glieder zu sehen, die bestand aus einer gleichmässigen Masse und bildete eine dreiwindige Spirale, die vielleicht durch Verwachsung dreier einwindiger Spirillen hervorgegangen war; nachdem concentrirte sich ihr Inhalt um viele unweit von einander gelegene Punkte, und dann erschienen hellere Querstriche, die die ganze Spirille in 17 gleich grosse Stäbchen theilten, die eine längliche Form besassen, da ihre Länge die Dicke der Spirille und also auch die ihrige um das Doppelte überwog. Die so entstandene Kette junger Individuen, die noch eine gemeinschaftliche dreiwindige Spirale bildeten, zerfiel nach einer kurzen Zeit in ihre 17 Glieder, die sich nun alle selbstständig bewegend nach allen Seiten fortliefen. Ob sie sich nachher verlängern, und dabei in der Richtung einer Spirale oder erst geradlinig, um erst später sich einzuwinden, vermag ich nicht zu entscheiden, da es mir nicht gelang dieselben nach ihrer Theilung fortzubeobachten.

Endlich muss ich noch Einiges über die Bildung der Vibrionenklumpen oder -Häufchen mittheilen.

Die Form und Grösse dieser Klumpen ist sehr verschieden; — sie sind bald rund, bald oval, meist aber unregelmässig und höckerig. Sie bestehen aus einer gallertigen Substanz, in der die Vibrioniden unregelmässig da liegen, und zwar die Vibrionen in den einen, und die Spirillen in den andern, obgleich es sich manchmal auch trifft, dass die Einen sich unter die Andern in einer geringen Zahl einmischen. Die Bildung dieser Klumpen verfolgend, überzeugt man sich sehr leicht, dass die gallertige Masse nicht von aussen herstammt, dass sie nicht etwa ein Ueberbleibsel eines fremden, von den Vibrioniden verschiedenen Körpers ist, sondern von den Vibrioniden selbst gebildet wird, indem sie an Masse zunimmt mit der Vergrösserung der Zahl der Vibrioniden, die sich zugesellen, und gemäss dem Alter der Vibrionidengruppe; es ist also eine Substanz, von den Vibrioniden ausgeschieden, die eine Menge von ihnen mit einander zu einer Kolonie verbindet und sie vor äusseren Einflüssen bewahrt, in der sie vielleicht eine gewisse physiologische Function vollbringen; augenscheinlich ist diese Koloniebildung der Vibrioniden analog der uns bei Oscillarien und Nostochaceen schon bekannten.

Nachdem ich nun meine neuesten Beobachtungen an den Vibrioniden mitgetheilt habe, fühle ich mich genöthigt einen Blick auf die systematische Stellung dieser Geschöpfe zu werfen.

Ich habe mich schon früher in dem Sinne geäussert, dass die Vibrioniden eine eigene Gruppe im Protistenreich bilden, habe aber nicht näher ihre Stelle unter den andern Protistengruppen bezeichnet. Jetzt denke ich aber nicht zu irren die Gruppe der Vibrioniden neben die Phycochromaceen im System zu stellen[1]). Dies wird durch ihre Aehnlichkeit wie in der Structur, so auch der Vermehrung nur (?) durch einfache Quertheilung, der Bewegungen und endlich der Koloniebildung mittelst Ausscheidung einer gallertigen Masse gerechtfertigt. Ausserdem aber erscheinen einige Oscillarien, indem sie stark variiren, den Vibrioniden so ähnlich, dass es schwer wird, sie von diesen zu unterscheiden; mit einem Wort, auch hier existiren Uebergangsformen, zu denen wohl auch die von mir im ersten Artikel pp. 521 und 526 beschriebene Art gehört. Indem ich aber die Aehnlichkeit dieser Organismen bezeichne, bin ich weit davon entfernt sie zu identificiren, da doch die Vibrioniden so manche Eigenthümlichkeiten haben, und denke, dass fernere Untersuchungen, wie dieser so auch der andern Organismen, uns über die weiteren, wenn auch nicht scharfen Grenzen zu belehren haben.

Indem ich also die Angaben von Cohn bestätige und vollkommen mit ihm übereinstimme, dass die Phycochromaceen wohl die ersten Organismen auf der Erde gewesen seien, da nur sie „in heissen, mit Salzen stark gesättigten Lösungen gedeihen[2])", denke ich, dass diese Organismengruppe, deren Glieder wie als Pflanzen, so auch als Thiere betrachtet werden können, in zwei Aeste sich theilt, von denen die Ausbildung der thierischen und pflanzlichen Charaktere beginnt.

---

1) S. E. Haeckel, Monographie der Moneren. p. 61.

2) Beiträge zur Physiologie der Phycochromaceen und Florideen v. Dr. Ferd. Cohn in diesem Archiv Bd. III.

Eine Einbettungsmethode.

Von

Dr. **W. Flemming,**
Prosector in Prag.

Um sehr zarte Objecte, z. B. Hühnerembryonen, unentwässert einzubetten und nach dem Schneiden feucht einzuschliessen, habe ich mich mit ausgezeichnetem Erfolg der gebräuchlichen Transparentseife bedient. Das leicht zu handhabende Mittel bietet zugleich einige so wesentliche Vorzüge gegenüber den bisher bekannt gemachten, für den gleichen Zweck berechneten Einbettungsmethoden, dass seine Empfehlung und eine Beschreibung seiner Technik an diesem Orte motivirt scheint.

Die Transparentseife, wie sie in gelben, eleganten Formstücken im Handel vorkommt, ist wegen eines wechselnden Glyceringehaltes meistens zu weich für den vorliegenden Zweck und man thut besser noch rohe, glycerinlose Stücke zu verwenden. Die auch diesen anhaftende gelbe Farbe rührt von Safranzusatz und kann auf besondere Bestellung vermieden werden, schadet jedoch nicht [1]). Diese Seife löst sich mit $^1/_3$—$^1/_2$ ihres Volums Spiritus Vini (nicht Alkohol absolutus) in der Wärme zu einer klargelben Flüssigkeit auf. Zu grösserer Bequemlichkeit kann man diese in Vorrath darstellen, fil-

1) Die Anfertigungstechnik der Transparentseife konnte ich von meinem Lieferanten nicht erfahren, da sie als Fabrikgeheimniss bewahrt wird. Eigne Versuche, eine möglichst neutrale (s. u.) Transparentseife aus Sapo medicatus u. a. herzustellen, ergaben zwar schöne durchsichtige Massen, aber bis jetzt keine brauchbare Consistenzgrade. — Die rohe Seife dürfte allenthalben zu bekommen sein; meinen Bedarf habe ich von Hrn. Parfumeur Tessen, Langestrasse Rostock, bezogen.

triren — da die käufliche Seife nicht frei von Unreinigkeiten ist — und in verschlossenem Gefäss aufbewahren; sie gerinnt, löst sich aber beim Erwärmen rasch wieder. Man giesst die Flüssigkeit in irgend eine Form — ich benutzte längliche Blechkästchen, die am einen Ende geöffnet werden können — und weist dem Object seine Lage darin an. Nach einer Viertelstunde ist die Masse erstarrt, man schiebt oder schneidet die Paste mit dem Object heraus und legt sie zum völligen Trocknen hin, was je nach ihrer Dicke und ihrem Flüssigkeitsgehalt 1—2 Tage verlangt. Hiebei zieht sie sich und natürlich auch das Object mit entsprechend zusammen, oft bis auf mehr als die Hälfte ihres früheren Volums, doch dehnt sich der Schnitt nach dem Auswaschen wieder auf seinen früheren Umfang aus. Dies geschieht auch noch, nachdem man die Pasten wochenlang hat liegen lassen.

Für die Anfertigung von Schnittpräparaten bietet das Verfahren nun folgende Vorzüge:

In der klaren Seifenpaste übersieht man das Object vollständig und kann also nach Belieben die Schnittrichtung wechseln lassen; oder, wenn man mit Maschinen arbeitet, durch Beschneiden der Paste oder Anschmelzung anderer Stücke mit grosser Bequemlichkeit und Sicherheit die Lagerung des Objects beherrschen. Aehnliches leistet keine der sonst gebräuchlichen Einbettungsmethoden.

Das Letztere, welches direct aus dem Alkohol, in dem es gehärtet war, eingebracht werden kann, durchtränkt sich selbst mit der Seife, so lange dieselbe noch flüssig ist, und erlangt dadurch nachher eine Festigkeit und Schneidbarkeit, wie sie mir an entwässerten (Nelkenöl-, Terpentin-) Präparaten nur in Glücksfällen vorgekommen ist. Es sind dadurch leicht so feine Schnitte erreichbar, wie sie überhaupt gewünscht werden können.

Die weitere Behandlung ist mühelos und wenig zeitraubend. Die Schnitte, die man mit trockenem Messer fertigt, werden aufs Objectglas gelegt, und mit einem Tropfen Aq. destill. benetzt, oder wenn sehr fein, schon mit solchem vom Messer abgeschwemmt. Binnen weniger Secunden, — die man mit neuen Schnitten ausfüllen kann, — hat sich die Seife gelöst, man befreit das Object von den Resten durch Nachspülen mit einigen neuen Wassertropfen — auch die feinsten Schnitte haben eine solche Zähigkeit erhalten, dass man sie dabei sehr ungenirt mit der Nadel herumziehen kann — und deckt mit Glycerin ein. Ist die Wasserabspülung zu oberflächlich

gewesen, so schiessen später im Präparat leicht kleine Krystalle an, die übrigens wenig stören.

Die Gewebsbestandtheile zeigen sich in ihren Formen völlig unverändert.

Eine irgend erhebliche Schrumpfung der Präparate durch das Einbetten ist mir niemals eingetreten, und dies ein Hauptgrund, weshalb ich das Mittel gegenüber den bisher gebräuchlichen und bewährten Methoden zu empfehlen unternehme. Sowohl von entwässerten Paraffin- und Wachs-Oel-Präparaten, wie von solchen, die in Glycerinleim oder Gummi arabicum eingebettet und nachträglich gehärtet wurden, habe ich wie Andere tadellose Präparate bekommen, immer aber sind mir dabei auch einige durch Schrumpfung verdorben oder verschlechtert worden. Die Methode der Einlagerung in thierische Gewebe, Hirn, Leber oder Milz, hat sich mir für Embryonen ebenfalls nicht als sicher bewährt, denn oft erhärtet das Einschlussmaterial in anderem Grade wie das Object, so dass Letzteres nicht fest liegt, und die Höhlen eines Keimes sind auf diesem Wege überhaupt nicht zu füllen. Mit der Seifenmethode ist man jedenfalls sicher, kein Object zu verlieren.

Am Bequemsten eignen sich für dieselbe Osmiumpräparate, die in Spiritus nachgehärtet sind. Für Objecte, welche vor der Einbettung mit Carminammoniak gefärbt wurden, besteht der Nachtheil dass die alkalische Seife beim Wasserzusatz einen Theil des Carmin's auslaugt, so dass die Schnitte erheblich abblassen. Weit besser und genügend haftet die Farbe nach Pikrocarmin-Tinction [1]). Will man sehr intensiv gefärbte Carminpräparate haben, so kann man den ausgewaschenen Schnitt leicht und rasch mit einem aufgesetzten Tropfen Carminammoniak nachfärben.

Schnitte, welche mit Säuren oder Kali aceticum (Max Schultze) versetzt werden sollen, müssen sorgfältig ausgewaschen sein, enthalten sie noch Seife, so schrumpfen sie beim Eindringen der Säure in leichtem aber doch störendem Grade zusammen.

1) Trocknes Pikro-Carmin nach der Ranvier'schen Angabe wird in ausgezeichneter Qualität von Dr. Grosschopf, Chemiker, (Rostock Neuermarkt 19) angefertigt und käuflich abgegeben (1 Gramm 5 Sgr.). Sollte sich dasselbe nicht ganz klar lösen, so braucht man nur ein Minimum sehr verdünnter Ammoniaklösung bis zur Klärung hinzuzusetzen, die Lösung ist dann neutral.

Die Mikroskope von R. Winkel in Göttingen.

Von

Fr. Merkel.

Im ersten Band dieses Archives schrieb einer der gewiegtesten Mikroskopkenner — Frey — (p. 444): „Ein Optiker des Festlandes, welcher für mässige Summen jene gewaltigen (englischen) Systeme herzustellen lernte, würde sich um die Wissenschaft ein grosses Verdienst erwerben."

Frey hat dadurch in prägnantester Weise den Desiderien des deutschen Mikroskopikers Ausdruck gegeben, der längst ebenso starke wie billige Systeme herbeisehnt. Wenn nun auch die Linsen des mit Recht berühmten Hartnack so nahe an die Erfüllung dieser Wünsche herankamen, wie Nichts, was vorher dagewesen, so fehlt doch auch ihm noch gar Manches zur Erreichung des Ideales. Stösst man ja doch in einer grossen Zahl von histologischen Aufsätzen auf die Klage, dass mit den stärksten Systemen gerade so weit zu kommen wäre, die am meisten versprechenden Texturverhältnisse wohl zu ahnen, aber nicht vollständig zu erkennen. Wenn nun zwar wahrscheinlich diese Tantalus-Qual selbst bei beträchtlich verbesserten Instrumenten leider noch lange nicht verschwinden wird, so ist es doch mit Freude zu begrüssen, dass ein strebsamer Optiker einen Weg betreten hat, der bereits zu guten Resultaten führte und noch bessere hoffen lässt.

Die von R. Winkel in Göttingen hergestellten Mikroskope haben zwar bis jetzt noch keine unerreicht starken Linsensysteme, obgleich er augenblicklich Immersionslinsen von sehr beträchtlichen Ver-

grösserungen verfertigt, allein seine Instrumente zeichnen sich durch drei Eigenschaften aus, die man in dieser Vollkommenheit nicht leicht vereinigt finden wird. Zuerst muss die ausserordentliche Lichtstärke hervorgehoben werden, die auch die stärksten Systeme auszeichnet; dann ist das bedeutende Auflösungsvermögen zu erwähnen, welches durchweg allen Objectivlinsen eigen ist. Als dritte lobenswerthe Eigenschaft nenne ich noch den sehr beträchtlichen Focalabstand der starken Systeme, welcher z. B. bei System Nr. 9 noch Deckgläser anzuwenden erlaubt, die schon bei Hartnack 8 vermieden werden müssen. Zu alledem kommt dann noch die verhältnissmässig grosse Billigkeit. Ich glaube nicht zu viel zu sagen, wenn ich behaupte, dass die Mikroskope von Winkel für den histologischen Arbeiter augenblicklich in jeder Hinsicht die empfehlenswerthesten genannt werden müssen. Dies Urtheil findet eine bedeutende Stütze an dem vortrefflichen Sachkenner Dippel und wird ausserdem dadurch als richtig bestätigt, dass fast alle Gelehrten, die in der letzten Zeit Gelegenheit hatten, diese Instrumente auf der Göttinger Anatomie zu prüfen, Bestellungen abschlossen.

Ich füge hier das Preisverzeichniss, wie es mir nebst einer photographischen Abbildung der Stative vorliegt, bei.

Preisverzeichniss der Mikroskope von R. Winkel.

Preis der Objective.

Syst. No. 1	(Vergr. mit	Ocul.	II—V	50—120	mal)	6	Thl.		
„ „ 2.	„	„	„	60—150	„	6	„		
„ „ 3.	„	„	„	80—200	„	7	„		
„ „ 4.	„	„	„	110—275	„	8	„		
„ „ 5.	„	„	„	200—500	„	9	„		
„ „ 6.	„	„	„	260—650	„	10	„		
„ „ 7.	„	„	„	300—750	„	10	„		
„ „ 8.	„	„	„	400—1000	„	12	„	20	Sgr.
„ „ 9.	(Mit Correctionsfassung)			550—1375	„	26	„		
Oculare gewöhnl. à Stück						2	„	20	Sgr.
Ocular mit Glasmikrometer $\frac{6mm}{60}$						6	„		
Polarisationsapparat						18—22	„		
Compressorium						4	„		

Preise der Stative.

Nr. II.	Tubus-Verstellung mit Triebschraube	48 Thlr.
„ III.	Runder drehbarer Objecttisch	45 „
„ IV.	In der Form an die Merz'schen Stative erinnernd	32 „
„ V.	Aehnlich dem kleinen Hufeisenstativ Hartnacks	22 „
„ VI.	Kleines Arbeitsmikroscop	11 „
	Kasten und Etui 2 Rthlr. 25 Gr. — 4 Rthlr.	

Die Fassung der Systeme ist die gewöhnliche, doch verdient hervorgehoben zu werden, dass die Correctionsvorrichtung bei Nr. 9 die innere Linse verschiebt, und also den äussern Umfang der Fassung nicht verändert. Stärkere Systeme mit Immersion sind, wie bemerkt, in Arbeit und werden demnächst fertig gestellt werden.

Die Oculare sind mit nicht geringerer Sorgfalt behandelt, wie die Objektivsysteme und sind so lichtstark, dass auch stärkere Ocularvergrösserungen mit sehr gutem Erfolg benutzt werden können.

Was schliesslich die Stative betrifft, so sind die Spiegel in der gewöhnlichen Weise nach allen Seiten beweglich, doch vertical nicht verschiebbar. Alle Stative haben die bekannte Schlittenvorrichtung für Einsetzung des Diaphragmas, nur Nr. VI ist mit einer drehbaren Scheibe versehen. Auch hat dieses Mikroskop einen verstellbaren Tisch, nach einer verbesserten Einrichtung, während an den übrigen Stativen die Mikrometerschraube den Tubus bewegt. Wenn nun auch dieses Nr. VI, welches ausserdem unter allen Stativen allein keinen ausziehbaren Tubus besitzt, mancherlei Mängel hat, die der verwöhnte Mikroskopiker schwer empfindet, so ist es doch für das Publicum, auf welches es berechnet ist, das Studentenpublicum, wegen Billigkeit und Einfachheit sehr geeignet, und auch für den Gebrauch bei mikroskopischen Cursen zu empfehlen. Für Untersuchungszwecke wurde bis jetzt Stativ Nr. IV am bequemsten befunden.

Ueber den propulsatorischen Apparat der Insecten.

Von

Dr. V. Graber,

Privatdocent an der Universität zu Graz.

Hierzu Taf. VIII—X.

Wenn man den gegenwärtigen Stand der Entomologie nach der Zahl der sogenannten Entomologen taxiren möchte, so müsste man von dieser Wissenschaft einen gar hohen Begriff bekommen.

In Wirklichkeit sieht aber die Sache etwas anders aus.

Wohl ist nicht zu leugnen, dass mit Rücksicht auf die riesige Ausdehnung unseres Faches immerhin ganz Schönes geleistet worden ist; allein betreffs der Hauptsache, nämlich der Erkenntniss der gesammten Organisationsverhältnisse sind wir um kein Haar besser daran, als in anderen Thiergruppen, ja es will mir fast scheinen, als ob es im Bereiche der Entomologie sogar mehr wunde Flecke gäbe als anderwärts.

So ist es beispielshalber fast Mode geworden, bei entomotomischen Untersuchungen vom propulsatorischen Apparat ganz Umgang zu nehmen, und zwar höchst wahrscheinlich aus dem Grunde, weil dem Studium dieses Organsystems auf den ersten Anschein grosse Schwierigkeiten im Wege stehen. Wenn ich nun trotzdem dieses Gebiet betreten und der Erforschung desselben ein volles Jahr gewidmet habe, so wird man hoffentlich bei der Beurtheilung der erzielten Resultate einige Nachsicht walten lassen, und wird es mich gewiss nur freuen, wenn erfahrenere Fachgenossen auf dem geraden Wege,

den ich in dieser Schrift vorgezeichnet habe, in kürzerer Frist mehr erreichen als es mir auf mannigfachen Umwegen und Irrgängen in verhältnissmässig so langer Zeit möglich war.

Mein ursprünglicher Plan war es, aus sämmtlichen Abtheilungen des Insectenreiches eine beträchtliche Anzahl von Repräsentanten zu untersuchen; die Ausführung blieb aber, wie so häufig, weit hinter dem vorgesteckten Ziele zurück, insoferne aus einigen Gruppen wie z. B. von den Rhynchoten und Dipteren — theilweise allerdings aus Mangel an geeignetem Materiale — soviel wie Nichts benutzt wurde [1]).

Hinsichtlich der Anordnung des Stoffes wäre es allerdings am bequemsten gewesen, die Ergebnisse nach den einzelnen Untersuchungsobjecten aneinander zu reihen. Auf diese Weise würde aber die vorliegende Arbeit zu einem förmlichen Buche angewachsen sein. Ich entschloss mich daher, lieber den vergleichend morphologischen Weg einzuschlagen und aus der Menge des Details ein gegliedertes Ganzes zu organisiren, das allerdings nur einen ganz bescheidenen Raum einnimmt.

Graz zu Pfingsten 1872.

---

1) Da im Verlaufe der Arbeit, der Kürze halber, gewöhnlich nur Gattungsnamen genannt werden, so empfiehlt es sich vielleicht, um Zweideutigkeiten zu vermeiden, eine genaue Liste der von uns untersuchten Species vorauszuschicken, wobei die eingehender studirten Formen mit gesperrter Schrift gedruckt sind.

Coleoptera: Melolontha vulgaris L. Cetonia aurata L. Carabus cancellatus Illg. Carabus violaceus. Dyticus marginalis L. Colymbetes fuscus. Ocypus similis L. Staphylinus erythropterus L. Dorcus parallelepipedus L. Lucanus cervus L. Silpha atrata. Adimonia tanaceti L. Tenebrio molitor.

Orthoptera: Blatta orientalis L. Gryllus campestris L. Locusta viridissima L. Decticus verrucivorus L. Ephippigera vituus Lero. Odontura Fischeri. Platycleis grisea Fabr. Thamnotrizon cinereus. Stenobothrus pratorum L. St. dorsatus Zell. St. lineatus Panz. Stetheophyma grossum. L. Oedipoda coerulescens Burm.

Hymenoptera: Apis mellifica L. Anthophora pilipes Fab. Xylocopa violacea Fab. Bombus terrestris L. Vespa vulgaris L. Formica rufa L. Sirex gigas. Lin.

Lepidoptera: Pieris brassicae L. Vanessa urticae L. Saturnia pyri Borch. Euprepia Caja L. Smerinthus quercus.

Diptera: Musca vomitoria L. Chironomus plumosus L.

Neuroptera: Ephemera vulgata L. Phryganea striata L.

Rhynchota: Pentatoma juniperina L.

I. Rückengefäss.

a. Histologisches.

Strauss-Dürckheim erkannte am Rückengefäss des Maikäfers [1]) zwei Gewebslagen. „Die äussere Haut des Herzens ist eine dicke längsfaserige und sehr dichte Membran, ähnlich der zweiten innersten im Herzen der Krustenthiere; die innere Haut ist eine sehr dicke (!) Muskelschicht, welche aus unregelmässigen parallellaufenden Zirkelfibrillen besteht, die soweit auseinander stehen, dass die einen von den anderen vollständig getrennt sind. Diese Fibrillen sind gegen die Mitte der Kammer sehr stark, schwächer gegen die Enden, wo dieselben Falten bilden, mittelst welcher sich die eine in die andere einschiebt“ [2]).

Nach Burmeister [3]) wären die genannten beiden Häute nur die verschiedenen Lagen einer und derselben Muskelhaut, und dann liesse sich, wie er meint, vermöge der Analogie aller Blutgefässe noch eine innerste structurlose Schleimhaut annehmen, die nur wegen ihrer Zartheit dem Beobachter entgeht.

Leydig [4]) fand als die Hauptsubstanz des Insectenherzens zirkuläre immer ungetheilte Primitivcylinder, zu denen manchmal noch longitudinale Fasern sich gesellen. Diese Fasern zeigen selbst in niederen Formen der Arthropoden sehr deutliche Querstreifen. Nach Innen wird die Herzmuskulatur überzogen von einer feinen Haut, dem Endocardium. Diese enthält entweder Kerne (Corethra-Larve) oder erweist sich in der Raupe von Bombyx rubi als wirkliche homogene Intima.

Leydig erscheint es zudem wahrscheinlich, dass das Endocardium nur die flächenhafte Ausbreitung der Bindesubstanz ist, welche das Gerüst des Herzens bildet, wofür nach seiner Ansicht die That-

---

1) Considérations générales sur l'anatomie comparée des animaux articulés aux-quelles on a joint l'anatomie descriptive du Melolontha vulgaris (hanneton) comme exemple de l'organisation des Coleoptères. Paris 1828 4. av. fig.

2) Ueber den Kreislauf des Blutes und den Bau des Rückengefässes bei den Insekten von Dr. Rud. Wagner. Isis. Taf. II 1832.

3) Handbuch der Entomologie I. Bd. p. 166.

4) Lehrbuch der Histologie und Anatomisches und Histologisches über die Larve von Corethra plumicornis. Zeitschr. f. wissensch. Zool. T. 16 pag. 435.

sache spricht, dass diese Membran unmittelbar in das Bindegewebe der Organe übergeht, nachdem die Gefässe ihre Selbständigkeit verloren haben.

Man sollte erwarten, dass namentlich die von einem so erfahrenen Histologen, wie es Leydig ist, betreffs des feineren Baues des Insektenherzens erkannten Verhältnisse allgemeine Zustimmung finden und das um so mehr, als die beschriebenen Gewebslagen im Wesentlichen mit dem Schema der Blutgefässe der höheren und vieler niederen Thiere übereinstimmen.

Nichts destoweniger scheinen aber die massgebendsten Zoologen an der Leydig'schen Ansicht irre geworden zu sein und Gerstäcker[1]) behandelt sie geradezu als einen völlig überwundenen Standpunkt.

Die Schuld an diesem Missverständniss trägt Weissmann, der zuerst in seinem klassischen Werke „die nachembryonale Entwicklung der Musciden[2])" der Leydig'schen Anschauung entgegen trat.

„Die Rückengefässwände der Larve von Musca vomitoria", sagt Weissman, „bestehen aus zwei Lagen. Die zarte äussere Lage ist vollkommen strukturlos und hat mit Bindegewebe Nichts zu thun. Es ist aber zweifelhaft ob sie als Cuticula oder als das Product einer Verschmelzung von Zellmembranen zu betrachten ist. Soweit meine Beobachtungen reichen (kleine Dipterenlarven, Raupen verschiedener Gastropacha-Arten, grössere Musciden-Larven) ist das Herz der Insekten kein zusammengesetztes Gebilde, wie bisher angenommen wurde, sondern eine histologische Einheit, d. h. es besteht nicht aus Bindegewebe, Muskelprimitivcylindern, Zellen etc., sondern ist ein einzelner Hohlmuskel mit Hülle, contractilem Inhalte und Kernen, entspricht also im Ganzen einem einzigen Arthropoden-Primitivbündel. Es ist auch ein Irrthum anzunehmen, es könnten, wie Leydig und andere[3]) meinen, zu den zirkulären Fasern manchmal noch Längsfasern hinzukommen. Keins von beiden ist der Fall, sondern die Lage contractiler Substanz ist eine einzige, ungetrennte, ein dünner Schlauch, an dem die Querstreifung in der Querrichtung des Gefässes liegt, also Ringfasern vor allen Dingen nicht entspricht.

---

1) Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreiches. 5. Bd, Arthropoden pag. 112.

2) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 14. Bd. pag. 187—336.

3) Frey und Leuckart, Anatomie der wirbellosen Thiere p. 80. v. Siebold, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie pag. 609.

Im Widerspruch mit der früheren Deutung, nach welcher die Rückengefässwände aus zwei Lagen beständen, gibt er weiter an, dass der contractilen, aber deutlich und scharf gestreiften Substanz nach Innen eine sehr feine Haut anliegt, die histologisch mit der äusseren übereinstimmt und sich als eine wahre Cuticula, d. i. als die Scheide des hohlen Primitiv-Muskelbündels erweist.

Bezüglich der contractilen Inhaltsmasse ist noch besonders hervorzuheben, dass sie im Leben der Hülle, also dem Sarkolemma eng anliegt, nach dem Tode aber in ringförmige Stücke reisst, die sich dann zusammenziehen und grosse Lücken zwischen sich lassen. Die häufig in das Lumen des Gefässes stark vorspringenden Kerne sind als Kerne der Muskelsubstanz aufzufassen, und Weissmann hält auch die langgestielten sogenannten einzelligen Klappen Leydig's (bei Corethra) für nichts anderes, als für solche in feinkörnige Grundsubstanz eingebettete Kerne der Muskellage (!).

Was das Verhalten des Rückengefässes in der Puppenperiode anlangt, so gibt Weissmann an, dass dasselbe degenerire, um dann von Neuem und in anderer Form wieder aufgebaut zu werden. Die Degeneration beginnt damit, dass die Wände des Gefässes ihre Querstreifung verlieren und ein feinkörniges Aussehen annehmen. In dreizehn oder vierzehn Tagen besitzt das Gefäss bereits die Gestalt, die es in der Fliege beibehält. Im vordern, mit keinerlei Spalten versehenen Theile des Rückengefässes ist die äusserste Hülle eine structurlose Haut, unter welcher die Muskelschichte liegt, an der noch keinerlei Querstreifung vorhanden ist, dagegen zahlreiche, kleine, glänzende Fetttröpfchen eingebettet sind. Am Ende des Puppenstadiums dagegen, wie in der Fliege ist die Muskelschichte aber so deutlich quergestreift, dass man geneigt sein könnte, sie selbst für feine Muskelfasern zu halten und von einer Ringfaserschicht zu reden. Der Abstand der Ringe beträgt 0.0034—0.004 mm.

In dem hinteren Abschnitte des Rückengefässes dagegen kann man nicht einmal in der Fliege Muskelfasern erkennen. Die Muskelschichte erscheint im Gegensatz zum frühern klaren, durchsichtigen Aussehen derselben vollkommen undurchsichtig und von schwer verständlicher Structur, an der man nur ein dichtes Filzwerk feiner, sich mannigfach durchdringender Fasern beobachten kann. Sowohl Ring- als Längsfasern lassen sich unterscheiden und dazwischen finden sich noch schräge Faserzüge, die aber kaum eine Aehnlichkeit mit Muskelfasern haben, dennoch aber contractiler

Natur sein müssen. In der Fliege wird der Abdominaltheil des Rückengefässes ausser diesen noch von einer locker anliegenden Scheide umgeben, welche aus einem Netze von grob quergestreiften Muskelbündeln besteht. Man unterscheidet sowohl Längs- als Querbündel, letztere folgen weniger dicht aufeinander. In diese Muskelscheide, die nach Weissmann's Ansichten als Pericardial-Sinus angesprochen werden müsse, strahlen von den Seiten her die Flügelmuskeln ein.

Nach dem von Weissmann geschilderten Verhalten des vorderen Rückengefäss-Abschnittes muss es Einem in der That Wunder nehmen, warum er eine Zusammensetzung der muskulösen Schichte des Rückengefässes aus distincten Ringfasern nicht gelten lässt und das Herz als eine histologische Einheit, als eine hohle Primitivfaser auffasst.

Wir glauben Weissmann recht zu verstehen, wenn wir annehmen, dass er in den vermeintlichen Ringfasern nur Homologe der Discs eines Primitivbündels erkennt, für den er ja das ganze Herz ansieht.

Ob Weissmann in diesem Punkte Recht hat, wird die Folge lehren, das eine kann aber schon von vorn herein behauptet werden, dass es wohl übereilt ist, wenn Weissmann und Andere auf Grund der angegebenen Beobachtungen dieselben Verhältnisse auch bei andern Insecten voraussetzen und so gewissermassen nicht bloss die Ansichten von Strauss-Dürckheim, sondern auch die gewiss sehr vertrauenswürdigen Beobachtungen Leydig's einfach ad acta legen [1]).

Wenn vom histologischen Bau des Insectenherzens die Rede ist, so wird man gewiss einerseits Bedacht nehmen müssen auf die verschiedenen Ordnungen, deren gesammte Organisationsverhältnisse nicht unbedeutende Modificationen zeigen, und anderseits darauf, ob es sich um ein Imago oder um ein Entwicklungsstadium handelt. Letzteres insbesondere dann, wenn ein beträchtlicher Unterschied im Bau der Larve und des fertigen Insectes vorliegt. Zeigen doch schon Weissmann's Angaben bezüglich des Musciden-Herzens, dass hier bedeutende Differenzen obwalten.

1) Zu erwähnen käme noch, dass Häckel's und Anderer Untersuchungen an verschiedenen Arthropoden, insbesondere an Krebsen im Wesentlichen durchaus gleichfalls mit den Leydig'schen Beobachtungen übereinstimmen, während keine einzige Thatsache für Weissmann spricht.

Bei meinen Untersuchungen über das Rückengefäss der Insecten wurde vorwiegend nur Imagines berücksichtigt und unter diesen wieder die in ihrer gesammten Organisation wohl am höchsten stehenden Orthopteren, Coleopteren und Hymenopteren eingehender studirt. Es wird sich aber zeigen, dass auch Insecten anderer Ordnungen, die ich untersuchte, hinsichtlich der histologischen Verhältnisse des Rückengefässes von den genannten Insecten nicht wesentlich abweichen, so dass die folgenden Angaben, vereinzelte Fälle ausgenommen, wohl allgemeine Geltung beanspruchen dürfen.

Ich unterschied an den Herzwänden der Insecten drei scharf von einander zu unterscheidende Lagen, von denen die mediäre Muskelschichte weitaus prävalirt, während hingegen die Intima wegen ihrer ausserordentlichen Zartheit nur bei grösseren Formen erkannt wird. Das äussere Gerüste des Herzens ist eine kernführende bindegewebige Haut, die mit Recht der Tunica adventitia der Blutgefässe höherer Thiere an die Seite gestellt werden kann.

Muscularis.

Die Muskelschichte des Herzschlauches besteht, einzelne später zu bezeichnende Fälle ausgenommen, einzig und allein aus exquisit quergestreiften Fasern, die sich als wahre Primitiv-Fibrillen-Bündel erweisen, mit contractilem Inhalte, homogener Scheide, Sarkolemma im engern Sinne und den zwischen Scheide und Inhalt eingelagerten Kernen. Als ein vortreffliches Objekt zur Demonstrirung dieser ringförmigen Primitivcylinder kann ich Locusta viridissima und andere grössere Laubheuschrecken, dann von den Käfern Melolontha, Carabus u. s. w. empfehlen.

Legt man ein einem lebenden Thiere ausgeschnittenes Herz [1]), das gar keine besondere Präparation erfordert, in Müller'sche Flüssigkeit, so erkennt man schon bei geringer Vergrösserung an den Seiten des Herzens die charakteristischen Einkerbungen, welche man auch an der Darmmuskularis beobachtet und die bekanntlich als der Ausdruck der Ringfasern zu deuten sind. Wird das Herz von den umgebenden Geweben befreit, so treten auch die Conturen der ein-

1) Es geschieht das wohl am raschesten, wenn man von der Rückenwand des Abdomens und zwar von der Mitte desselben einen ganz schmalen, etwa 1 mm. breiten Streifen ausschneidet und dann mit dem Rücken eines kleinen Messerchens die innere Lage von der Cuticula abhebt.

zelnen Ringe in ihrer ganzen Ausdehnung hervor und man wird unter dem Präparirmikroskop sehr leicht einzelne Ringe isoliren können. Wer sich die Mühe nimmt, den Herzschlauch einer Locustide oder eines Maikäfers anzusehen, wird es nicht begreifen können, wie man die rechte Leydig'sche Ansicht verlassen konnte. Um auch den etwaigen Einwurf zu widerlegen, dass diese Ringfasern nur Kunstproducte wären, sei angeführt, dass ich das Rückengefäss der Ephippigera vitium möglichst rasch ausschnitt und dann im Blute des Thieres unter der feuchten Kammer untersuchte. Ich konnte die einzelnen Ringe sehr scharf unterscheiden und einige Minuten selbst noch die rythmischen Zuckungen derselben studiren. Bei dieser Gelegenheit bemerkte ich, dass die aufeinander folgenden Ringe sich nach einander senkrecht auf die Längsaxe des Rückengefässes zusammenziehen, wobei die sarcous elements oscillirende und allmälig fortschreitende Bewegungen ausführen. Im todten Herzen sind die erschlafften Ringfasern oft ziemlich weit von einander entfernt, während sie bei der Systole des Rückengefässes, wobei sie ja bedeutend dicker werden, ganz eng aneinander schliessen.

Das erste Hülfsmittel zur Verdeutlichung sämmtlicher Lagen der Herzwände ist nach meinen bisherigen Erfahrungen die Injection des Rückengefässes mit einer durch Carmin gerötheten Leimlösung.

Legt man die so eingespritzten Herzen einige Zeit in Alkohol und später in Kreosot, so erhält man ganz prachtvolle Ansichten, an denen Vieles mit überraschender Klarheit hervortritt, was man sonst gar nicht oder nur undeutlich zu sehen bekommt [1]).

Was die Breite der Herz-Muskelfasern betrifft, so erweist sich dieselbe nicht durchgehends mit der Länge der Fasern, beziehungsweise der Grösse der Thiere übereinstimmend. Im allgemeinen ist sie grösser als jene der Stammmuskeln (Myocommata der abdominalen Längsmuscularis), während sie die Breite der Flügelmuskelfasern um das Doppelte und häufig auch um das Dreifache übertrifft.

Bei den grössten einheimischen Heuschrecken beträgt die Breite der Ringmuskeln 0.02—0.03 mm. (Letzteres bei Locusta viridissima, Platycleis grisea, Odontura serricauda und andern.) Die Ringfasern genannter Insecten sind also ungefähr 25mal so lang als breit.

1) Leider ist der nachherige Einschluss des Präparates in Kanadabalsam nicht zu empfehlen, da derselbe zu stark aufhellend wirkt; besser bewährt sich ein sogenannter feuchter Einschluss z. B. in Glycerin.

Einen auffallend geringern Querdurchmesser fand ich bei einigen Käfern, z. B. Lucanus cervus (0.01 mm.), Dorcus (0.008 mm.), ferner bei einer fast erwachsenen Raupe von Smerinthus quercus, wo die ungemein scharf hervortretenden und deutlich quergestreiften Fasern ungefähr 0.009 mm. massen. Bei den Apiden beträgt die Breite im Mittel 0.012 mm.

Hinsichtlich des Hirschkäfers sei noch erwähnt, dass die, im Vergleich zu den Stammmuskeln fast viermal schmälern Ringfasern des Rückengefässes sehr fest aneinander haften.

Die geringe Breite der Ringfasern ist aber keineswegs allen Käfern eigenthümlich, indem z. B. jene von Silpha obscura an Breite den Primitiv-Cylindern der Heuschrecken wenig nachstehen.

Es wurde schon oben erwähnt, dass die Ringfasern des Rückengefässes ganz ausgezeichnet quergestreift sind. An frischen Herzen ist das nur ausnahmsweise zu erkennen (z. B. Platycleis), sonst erscheinen gewöhnlich weder Quer- nach Längslinien. Ganz sicher kann man die Disc unterscheiden nach Zusatz von Essigsäure (Silpha), Glycerin, am schönsten aber durch Behandlung mit Kalilauge. — Beim längern Liegen in Alkohol treten zuweilen die Querlinien ganz zurück und werden nur die Primitivfibrillen sichtbar, andermal dagegen, z. B. beim Hirschkäfer, treten gerade nach Weingeist die Disc am Schönsten hervor.

Die Höhe oder Länge der Disc ist an den Ringfasern des Herzens ganz auffallend gering und muss diese Eigenschaft als eine der wesentlichsten an diesen Gebilden hervorgehoben werden. Bei der Mehrzahl der Locustiden verhält sich die Breite zur Länge der Disc wie 30 zu 1, während sich die Verhältnisse in den Flügelmuskeln erweisen wie 1 : 1 oder gar (Lucanus) wie 1 : 1.4. Als Mittel ergibt sich für die oben angeführten Laubheuschrecken, dass die Länge der Disc an den Flügelmuskeln 7mal jene der Längsmuskeln und 5mal die der circulären Herzfasern übertrifft.

Die Primitivfibrillen sind ganz besonders gut durch salpetersaures Silberoxyd darzustellen und ergibt sich für Platycleis grisea als Breite derselben etwa 0.001 mm.

Quer- und Längsbinde-Mittel haben ziemlich gleiche Dimensionen, sowohl unter sich als mit den Fleischtheilchen. An den Flügelmuskeln sind die letzteren fast doppelt so schmal als an den Ringfasern, so wenigstens bei Platycleis grisea, und wäre noch anzumerken, dass bei den erstgenannten Muskeln das Längsbinde-Mittel

mindestens 5mal breiter (richtiger höher) als das Querbinde-Mittel ist (Alles bezogen auf Alkohol- und Chromsäure-Präparate).

Schöne Bilder sowohl von dem Verhalten der Primitivfibrillen als der Disc gewährt eine Behandlung der früher in Alkohol gelegenen Präparate mit Chromsäure. Man erhält so Bilder, an denen man die Auflösung des Primitivbündels in die würfelförmigen Sarcouselements ausgezeichnet studiren kann. Mit Erfolg habe ich auch zu demselben Zwecke die aus dem Weingeist genommenen Objecte mit Carmin tingirt und dann mit Essigsäure gewaschen, und in Glycerin aufbewahrt.

Schliesslich sei auch noch des Goldchlorids erwähnt, das dem Rückengefässe nach längerer Einwirkung eine bedeutende Consistenz verleiht und die Manipulation mit demselben ungemein erleichtert. Die durch dieses Reagens bewirkte Tinction der Ringfasern stimmt mit jener der übrigen Körpermuskeln vollkommen überein, und heben sich insbesondere die am Rückengefäss sich vertheilenden Nervenfasern sehr schön ab.

Da Weissmann's Ansichten sich vorzüglich auf Dipteren-Herzen basiren, so sei noch speciell erwähnt, dass ich bei einer Musca nach längerer Macerirung ihres Rückengefässes in Jodserum bezüglich der Ringmuscularis ganz dieselben Verhältnisse wie bei Käfern und Orthopteren vorfand (Fig. 14).

Nachdem ich auch bei der Raupe von Smerinthus quercus und von Euprepia caja ausgezeichnet quergestreifte Ringfasern constatirt, darf man wohl die negativen Resultate meiner Untersuchungen bei der Larve des Mehlkäfers und einer Phryganidenart nicht allzuhoch anschlagen; wenn auch kaum behauptet werden kann, dass es bei sämmtlichen Insectenlarven immer zu einer deutlichen Differenzirung der Ringfasern komme.

Anderseits dürfte es aber bedenklich sein, die muskulöse Natur jener Ringfasern, welche keine Querstreifung zeigen, in Frage zu ziehen, wie dies Häckel hinsichtlich der mediären Schichte an den Arterien des Flusskrebses gethan hat; ich habe an den Ringfasern des Darmes mancher Läuse niemals Querstreifung gesehen und doch wird Niemand die Homologie dieser Theile mit den scharf quergestreiften Ringfasern anderer nahe verwandter Formen bezweifeln.

Wenn die Adventitia eine grössere Derbheit erlangt, oder wenn die an ihr haftenden Pericardialzellen das ganze Rückengefäss eng umstricken, so wird, wie ich mich bei Adimonia tanaceti und man-

chen Schmetterlingsraupen versicherte, eine genaue Diagnose der Muskelschicht oft ganz unmöglich.

Auf die Kerne der Ringsmuskularis wurden bei Locusta, Platycleis und Decticus Bedacht genommen. Sie erscheinen hier nach Behandlung mit Salpetersilber als meist rundlich elliptische grobgranuläre Körperchen, deren Längsaxe im Allgemeinen mit jener der Muskeln übereinstimmt. Bei Platycleis beträgt ihre Länge 0.007—0.009 mm. — Ueber die Verbreitung dieser Muskelkörperchen gibt Fig. 7 k m Aufschluss.

Zu der mediären Schichte des Insectenherzens sind auch noch die, wie es scheint, sehr selten zur Beobachtung kommenden Längsfasern zu zählen. Mit völliger Sicherheit konnte ich dieselben nur bei Musca nachweisen, während sich die allerdings scharf markirten Längszüge im Herzen von Gryllotalpa, Caloptenus und anderer Orthopteren wohl als Längszüge der bindegewebigen Adventitia erweisen dürften. Legt man das Herz genannter Fliege nach Entfernung der dieselbe einhüllenden Pericardialzellen in Jodserum, so treten die parallelen und ziemlich eng aneinander gelagerten Längsfasern sogleich in die Augen, während die Ringmuscularis zum grössten Theile verdeckt wird.

Sehr leicht vermochte ich die einzelnen Fasern zu isoliren, indem ich das Präparat eintrocknen liess und dann neuerdings Jodserum zusetzte. Die Breite der Längsfasern beträgt 0.016 mm. Im Gegensatz zu den Ringmuskeln ist hier die bedeutend grössere Höhe der Disc hervorzuheben, welche namentlich nach Zusatz von Kalilauge ausnehmend scharf hervortreten. Die Disc erscheinen dann farblos von 0.08 mm. Höhe. Das Längsbindemittel bildet gelbliche, glänzende, scharfe Leisten von circa 0.003 mm. Breite (Fig. 8). Dass diese Lagen von Längsmuskelfasern durchaus nicht als die Wandungen eines Pericardialsinus aufzufassen sind, wie Weissmann angibt, dürfte schon aus dem Umstande hervorgehen, dass dieselben fast ganz der übrigen Herzwand ansitzen, so dass gar kein nennenswerther Zwischenraum zwischen beiden Schichten sich vorfindet. Zudem lässt sich ein Pericardialsinus in diesem Sinne, wie sich später zeigen soll, bei keinem der von mir untersuchten Insecten nachweisen.

Endocardium.

Ueber die das Rückengefäss nach Innen zu abgrenzende Haut ist es sehr schwer sich Rechenschaft zu geben, da es wohl kaum ge-

lingen dürfte, dieselbe isolirt darzustellen; meine hierauf bezüglichen Versuche missglückten wenigstens durchgehends. Soviel ich aus feinen Querschnitten an Heuschrecken- und Käfer-Herzen ersah, wird die Muskelschichte Innen von einer ganz homogenen und ungemein zarten Haut bekleidet, die vom Sarkolemma der Ringfasern nicht immer scharf abgesetzt erscheint. Mitunter glaube ich an dieser Schichte sehr feine Längsstreifen gesehen zu haben. Ob sie eine Cuticula oder eine bindegewebige Haut sei, lässt sich mit Bestimmtheit unmöglich behaupten. Wenn Leydig Letzteres für wahrscheinlich hält, weil dieselbe unmittelbar in das Bindegewebe der Blutlacunen übergehen soll, nachdem das Herz seine Selbständigkeit verloren hat, so lässt sich dagegen wohl auch einwenden, dass ja an der Auskleidung der Bluträume sich in der That nur die bindegewebige Adventitia betheiligt. Eines glaube ich aber auf Grund meiner Versilberungversuche positiv aussprechen zu können, dass nämlich am Endothel eine besondere Zelllage nicht existirt[1]).

Adventitia.

Die von Weissmann geleugnete histologische Selbstständigkeit der Adventitia ist bei der Mehrzahl der von uns untersuchten Insecten ohne Schwierigkeit nachzuweisen. Bei einer grossen Laubheuschrecke, Locusta viridissima, ist es mir sogar gelungen, nach längerer Macerirung des Rückengefässes in Jodserum die Adventitia als selbstständigen Schlauch darzustellen.

Die Beschaffenheit dieser Schichte ist im Allgemeinen keine durchaus übereinstimmende. Insbesondere scheint sie bei den Larven wesentlich von jener der Imagines abzuweichen.

Bei der Raupe von Euprepia caja erweist sich die Adventitia als eine homogene Membran, ohne dass man mit Sicherheit feststellen kann, ob gewisse kernartige Bildungen, die man auf ihr beobachtet, nicht ebenso dem bindegewebigen Theil des Septum angehören, wie denn überhaupt sichere Resultate betreffs unserer Ge-

---

1) Hinsichtlich unserer geringen Kenntniss über das Endothel des Insectenherzens trösten wir uns theilweise damit, dass man selbst über die Intima der verhältnissmässig riesigen Blutgefässe bei höhern Thieren durchaus noch nicht in's Reine gekommen zu sein scheint. Vergl. unter Anderm Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere pag. 191 ff. Leipzig, Engelmann 1869.

webslage nur dort zu erwarten sind, wo es gelingt, wenigstens kleine Stücke derselben zu isoliren.

Bei der Mehrzahl der untersuchten Heuschrecken und Käfer so wie auch bei den Hymenopteren erweist sich die Adventitia als eine mit dem bindegewebigen Theil des später genauer zu besprechenden Perikardialseptums völlig übereinstimmende Bindegewebshaut von streifigem Aussehen, deutlichen Kerneinlagerungen und mehr oder weniger grossen, verschieden gestalteten, zumeist aber länglich elliptischen oder spindelförmigen Lücken.

Als ein Prachtobject zum Studium der Adventitia kann ich namentlich Carabus cancellatus und andere grössere Käfer empfehlen, deren Herz im frischen Zustande in Müller'scher Flüssigkeit oder Jodserum untersucht wird. Eine Verwechslung mit dem bindegewebigen Abschnitt des Flügelmuskelseptums ist hier schon aus dem Grunde nicht möglich, weil die spindelförmigen Lücken des letztern (Fig. 13* b) der Queraxe, jene der Adventitia dagegen der Längsaxe des Herzens parallel laufen (a).

Den schönsten Ueberblick über die Adventitia gewährt die schon empfohlene Injektion mit geröthetem Leim. Bei Melolontha und Cetonia, die auf diese Weise behandelt wurden, erkennt man ausser der soliden, gefensterten Bindegewebshaut noch ein darüber liegendes Netzwerk aus gröbern und feinern Fasern, einerseits mit der untern continuirlichen Lage, andererseits mit den Perikardialzellen und dem Septum zusammenhängend (Fig. 23 a. f).

Die Apiarien, Vesparien und Uroceriden sind dadurch ausgezeichnet, dass hier die Continuität der Adventitia mehr zurück tritt, indem die Balken und Fasern die Oberhand gewinnen. Es kommt so zur Bildung von charakteristischen, wirr durch einanderliegenden Knäueln von den elastischen ganz ähnlichen Fasern (Fig. 17 a) [1]).

Ueber das chemische Verhalten der beschriebenen Bildungen und speciell jener der Hymenopteren wird später berichtet werden.

Ein etwas anderes Verhalten zeigen viele Heuschrecken, z. B. Ephippigera, Thamnotrizon, Stenobothrus, ferner die Blattiden, manche Schmetterlinge (Vanessa) und manche Larven (Te-

1) Eine genaue bildliche Darstellung der durch Kalilauge isolirten Adventitia von Anthophora findet man in dem „vorläufigen Bericht über den propulsatorischen Apparat der Insekten", in den Sitzungsb. der kaiserl. Akademie d. Wiss. in Wien, Jahrg. 1872. 65. Bd. I. Abth. Märzheft.

nebrio, Phryganea). Die Adventitia macht hier ganz den Eindruck einer ganz soliden, also fensterlosen Schichte von fein längsstreifigem, hie und da (Decticus, Caloptenus) fast fibrillärem Aussehen, ohne dass aber auf Grund vorgenommener chemischer Prüfungen an echtes fibrilläres Bindegewebe gedacht werden darf (Fig. 17, a′ Fig. 7, a). — Formbestandtheile in Gestalt von stäbchen- oder spindelförmigen, seltener kreisrunden Körperchen sind ein konstantes Vorkommen (Fig. 7 und 12, k a). Die Längsaxe der vorherrschend spindelförmigen Körperchen ist ausnahmslos mit der des Gefässes parallel. Die Grösse derselben ist selbst an ein und demselben Individuum ziemlich wechselnd.

Bei Locusta und Ephippigera schwankt dieselbe zwischen 0.007—0.03 mm. Am öftesten beträgt sie 0.02 mm., kommt sonach der Breite der Ringfasern gleich, während sie die Kerne der letzteren (Fig. 7, k m) um das 2 bis 3fache übertreffen.

b. Anatomisches und Physiologisches.

Wenn man die in Monographieen und Handbüchern der ältern und neuern Zeit enthaltenen Daten über den gröberen Bau des Insectenherzens miteinander vergleicht, so drängt sich einem unwillkürlich die Ueberzeugung auf, dass sie zum grössten Theil nur Variationen der von Strauss-Dürckheim betreffs des Maikäfers beschriebenen Verhältnisse seien, aber nicht auf Original-Forschungen beruhen, die, wie wir gerne gestehen, allerdings zu den schwierigsten gehören.

Wenn sich nun herausstellen wird, dass Strauss Beobachtungen keineswegs der Sachlage völlig entsprechen, so wird man begreifen, dass eine Generalisirung dieser Anschauungen unsern Kenntnissen in dieser Angelegenheit wenig förderlich war.

Das Herz der Insekten wird gewöhnlich beschrieben als ein die Rückenseite des Abdomens durchziehender gerader Schlauch, der an der Segmentirung des Hautskeletes einen grössern oder geringern Antheil nimmt, indem entweder wirkliche, den Gränzstrichen der Abdominalmetameren entsprechende Einschnürungen beobachtet werden, oder doch fast ausnahmslos in regelmässigen Intervallen aufeinander folgende paarige Spaltöffnungen vorhanden sind, deren Anzahl jener der Hinterleibsringe wenig, gewöhnlich nur um 1 oder 2 nachstehen.

Die Zahl dieser Ostienpaare, beziehungsweise der durch sie markirten sogenannten Herzkammern wird übrigens selbst bei solchen Insecten verschieden angegeben, welche dieselbe Anzahl von Ringen besitzen. So fand Strauss bei Melolontha 8, Burmeister bei Calosoma 4, und Joh. Müller bei Phasma sogar nur ein einziges Ostienpaar.

Betrachten wir zunächst etwas genauer die Einrichtung der Herzkammer, wie sie von Strauss beim Maikäfer beschrieben worden ist.

Zur leichtern Orientirung habe ich in Fig. 18 eine den Angagaben und Zeichnungen des genannten Forschers angepasste vereinfachte Darstellung zu geben versucht, welche einen zur Längs- und Queraxe des Rückengefässes parallelen Längsabschnitt in der Nähe der Spaltöffnungen vorstellen soll.

Das Herz des Maikäfers, sagt Strauss, ist ein dickes, gerades Gefäss, welches sich vom ersten bis zum letzten Leibesring erstreckt, wo es sich plötzlich nach unten biegt und spitz endet. In jedem Ringel findet man seitlich je eine quere Auriculo-ventricular-Oeffnung (sp), durch welche das Blut bei der Diastole (D) in das Innere gelangt.

Der hintere Rand jeder dieser acht Oeffnungen ist mit einer halbmondförmigen Klappe (h) versehen, die, eine Duplikatur der äussern Rückengefässhaut (a) darstellend, schief nach vorn in das Lumen des Herzens vorspringt und während der Systole (S) durch den Druck des Blutstroms an die Spaltöffnungen angedrückt wird (h'), um den Rückfluss des Blutes nach aussen zu verhindern. Am vordern Rande der Spalten bildet die Herzwandung eine zweite Klappe, die ebenfalls nach Innen und Vorne gerichtet ist (v').

Hinsichtlich der Verrichtungen dieser Theile erfahren wir weiter von Strauss Folgendes: Sowie die letzte Kammer sich erweitert, stürzt das Blut, welches die untere Leibeshöhle enthält, in das Innere durch die Herzspaltöffnungen, welche sich am vorderen Ende dieser Kammer befinden, sodann zieht sie sich wieder zusammen und die halbmondförmigen Klappen legen sich an die Oeffnungen. Durch die Compression nöthigt das Blut die vordern (Interventricular-) Klappen, sich zu entfernen und tritt so in die zweite Kammer ein, welche in demselben Augenblicke sich erweitert. Die zweite Kammer zieht sich nun wieder zusammen, das in ihr enthaltene Blut drückt auf die Interventricularklappen (h), welche sich aneinander

legen und so seinen Rücktritt in die vorhergehende Kammer verhindern.

Aehnliche Herzkammern wie bei Melolontha will Burmeister[1]) bei der Larve von Calosoma, ferner bei Lamia aedilis und Termes foetalis beobachtet haben.

Die erwähnten Klappen hält übrigens Leydig nicht für Einstülpungen der Adventitia, sondern für Duplikaturen der bindegewebigen Intima, in welche sich auch Muskeln erstrecken können.

Nach den Untersuchungen Owens am Hirschkäfer würden hier die von den vordern Rändern der Ostien entspringenden Interventricularklappen von Strauss und Andern ersetzt durch eine in das Herzlumen vorspringende Ringfalte, während gleichzeitig zufolge der Beobachtungen von Weissmann und Andern die durch die sogenannten Semilunarklappen verschliessbaren Ostien nicht selten durch trichter- oder taschenförmige Einstülpungen der Ostien vertreten würden.

Der Vollständigkeit halber führen wir noch eine Ansicht von Rud. Wagner an, wonach an jenen Insektenherzen, wo keinerlei Spaltöffnungen beobachtet werden, die Aufnahme des Blutes durch die Maschen der Wandungen hindurch geschähe.

Nähere Angaben bezüglich des Baues der Verschlussvorrichtungen und speciell der dabei thätigen Muskeln werden bei den genannten Autoren vollkommen vermisst.

Meine eigenen Untersuchungen betreffs dieser Vorrichtungen beschränken sich allerdings nur auf wenige Species; die erzielten Ergebnisse dürften aber doch insofern fruchtbar sein, als sie herausstellen werden, dass einerseits die bisherigen Anschauungen sehr mangelhaft sind und dass andererseits mancherlei Modificationen getroffen werden, die eines genauen Studiums wohl werth sind.

Das Rückengefäss erscheint bei fast allen der von mir untersuchten Insecten bei oberflächlicher Betrachtung als ein nahezu cylindrisches, an todten Individuen bandförmig abgeplattetes Rohr von im Allgemeinen ziemlich geringer Breite (bei den grössern Heuschrecken 0.4 mm.) (Fig. 1 H). Bei Ephippigera, und dasselbe gilt wohl auch für die andern Formen, endet es spitz und befestigt sich bei der genannten Heuschrecke am Hinterrande des 9. Ringes,

1) Handbuch der Entomologie, 1. Bd. pag. 165.

so dass also die folgenden zwei hinter dem Genital-Porus liegenden Metameren keine sogenannten Herzkammern besitzen.

Wie aus Fig. 6 zu ersehen ist, geschieht die Befestigung des Herzrohres durch einen über das hohle kegelförmige Ende desselben gestülpten trichterförmigen Muskel, dessen Spitze (l) direct mit der Hypodermis verbunden ist, und zwar in der Weise, dass das Perimysium unmittelbar in die deutlich zu unterscheidende bindegewebige (?) Lage der Matrix (Cutis) übergeht.

Die Primitivbündel dieses Fixirungsapparates unterscheiden sich von den Ringfasern des Herzens durch ihre grössere Derbheit, welche sich auch in der schärferen Querstreifung ausspricht.

Vor dem Eintritt in den Thorax verengert sich das Rückengefäss fast plötzlich um ein Bedeutendes (so bei den Locustiden, bei Melolontha, Cetonia, Dyticus u. a.), begibt sich dann etwas nach unten und verläuft in der mediären Linie der Längsmuskeln des dorsalen Thorax als ein feines, und wie Injectionsversuche zeigen, durchaus unverzweigtes Gefäss gegen den Kopf. Bemerkt sei noch, dass diese sogenannte Aorta in histologischer Beziehung völlig mit dem eigentlichen Rückengefässe übereinstimmt.

Wird das Herzrohr am lebenden Thiere angesehen, oder nach sorgfältiger Präparation unter das Mikroskop gebracht, so erkennt man an ihm im günstigsten Falle neun, gewöhnlich aber nur einige Paare von Ostien. Weiter ergibt sich, dass das Herz in der Nähe der Spaltöffnungen keineswegs eingeschnürt, sondern im Gegentheil bei den Laubheuschrecken oft sehr beträchtlich erweitert ist.

Die Lage der Spaltöffnungen zu den Segmenten des Hinterleibes ist durchaus nicht im ganzen Verlaufe desselben eine gleichmässige. Während nämlich, wenigstens bei Ephippigera und Melolontha die vorderen Ostien nur wenig hinter den Grenzstrichen der Metameren liegen, entfernen sich die hinteren ziemlich weit davon und nehmen so ziemlich die Mitte der Ringe ein.

Ob in der That, wie dies die gewöhnliche Auffassung sagt, die Ostien die Grenzen der Herzkammern bezeichnen, wobei die letzteren als Aequivalente der Hinterleibssegmente angesehen werden, muss nach dem vorher Gesagten wenigstens zweifelhaft erscheinen. Völlig leugnen möchte ich aber die Existenz von, den Gelenkhäuten der Folgestücke entsprechenden Einstülpungen des Herzrohrs, wie sie von Strauss und Owen erwähnt werden.

Ein völlig homologes Verhalten, wie bei den meisten Insecten,

findet sich nach Krohn's[1]) Beobachtungen bei den Pycnogoniden, wo gleichfalls die Verengerungen des Herzens mit den Segmentgrenzen coincidiren, während die Erweiterungen derselben mit den Ostien ungefähr die Mitte der Ringe bezeichnen.

Auf Grund dieser Thatsachen scheint es nicht ungerechtfertigt, die Metameren — beziehungsweise Kammergrenzen des Herzrohres nicht in die Gegend der Spaltöffnungen, sondern zwischen dieselben zu verlegen. Dafür spricht auch das Verhalten bei manchen Insectenlarven (z. B. bei den Mücken), wo die sogenannten Interventricularklappen, welche eine natürliche Grenze zwischen den Herzkammern vorstellen würden, in der That nicht mit den Ostien zusammenfallen, sondern genau in der Mitte zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Ostien gelegen sind.

Gehen wir nunmehr auf die nähere Beschreibung der Ostien und Verschlussapparate über.

So weit meine eigenen Forschungen reichen, kann man füglich fünf verschiedene Modificationen derselben unterscheiden, die sich dermalen noch nicht gut aufeinander zurückführen lassen, vielleicht übrigens nur deshalb, weil einige von ihnen nur zum Theil erforscht werden konnten.

Der verhältnissmässig complicirteste Bau findet sich bei Melolontha.

Die Ostien erscheinen hier (Fig. 28) am lebenden Thiere oder am injicirten Herzen untersucht, als seitlich gelegene, halbmondförmige Einschnitte (3), deren beide Hörner (b) stark nach vorn und innen gerichtet sind.

Die beiderseitigen Einschnitte nehmen mehr als $^3/_4$ von der gesammten Breite des Herzens ein, so dass zwischen denselben ein Engpass (a) zu Stande kommt, der bei der Systole das Blut in der Kammer aufstaut. Als Begrenzungen der Ostien findet sich vorn und hinten eine durch die Einstülpung der Herzwand gebildete, halbmondförmig gekrümmte Fläche (v und h). An der Spitze der Ostienhörner (b) schliessen sich diese zwei Blätter, ähnlich den Brettern eines Blasebalges, aneinander und bilden einen in das Herzlumen frei vorspringenden Trichter (i). Die Spitzen des rechts- und linksseitigen Ostientrichters liegen hart nebeneinander in der

1) Ueber das Herz und den Blutumlauf der Pycnogoniden; Wiegmanns Archiv, 1855, pag. 6.

Mittellinie des Herzlumens. Insofern, als die genannten Trichter bei der Systole sich eng aneinander legen und so den einzigen für das Blut möglichen Ausgang (a) auf ein Minimum reduciren, können dieselben als Interventricularklappen bezeichnet werden, die aber, wie aus der vorigen Darstellung hervorgeht, nicht im Sinne von Strauss als besondere Einstülpungen der vorderen Ostienränder aufgefasst werden dürfen.

An die trichterförmigen Einstülpungen der Ostien setzen sich im Innern des Herzens zahlreiche zarte Muskelfasern an, die nach vorn convergirend einen kegelförmigen Hohlmuskel darstellen (m).

Am vorderen Ende jeder Kammer setzt sich vermittelst eines dünnen beweglichen Stieles an die Innenseite des hinteren Ostienblattes (v) eine mit gelblichen Kernen erfüllte querelliptische Blase an (z), deren anderes freies Ende nahezu die semilunare Klappe der gegenüber liegenden Seite berührt. Wir haben es hier offenbar mit einem Analogon der bei den Larven von Corethra, Musca und anderen Insecten beobachteten ventilartigen Gebilden zu thun.

Die Verrichtung der beschriebenen Theile ist nach Beobachtungen am lebenden Thiere folgende.

Während der Diastole des vorderen Theils der hinteren Kammer (A) zieht sich die oben genannte Blase etwas nach hinten, und gestattet so dem Blute den Eintritt in den jetzt ziemlich weit offenstehenden Engpass zwischen den trichterförmigen Enden der Ostien (a). Gleichzeitig wird durch die Ostien Blut aufgesaugt.

Bei der nun folgenden Systole der hinteren Herzkammer wird durch den Anstoss des (in der Richtung des Pfeiles 1 sich bewegenden) Blutes die hintere Ostienklappe (h) an die vordere Ostienklappe (v) angedrückt, wodurch gleichzeitig das im Ostientrichter enthaltene Blut durch den Trichter in das Herz gedrängt wird und durch eine allerdings nicht sichtbare Oeffnung (k) dort ausströmt. Um bei der Verengerung der vorderen Kammer den Rückfluss des Blutes in die hintere zu verhindern, zieht sich der beschriebene kegelförmige Muskel zusammen, wobei die Spitze der Trichter ziemlich weit nach vorn gerückt und der Engpass zwischen denselben verkleinert wird, während gleichzeitig auch die sogenannte Zellklappe sich in den zwischen den Ostien liegenden Hohlraum einstülpt.

Bei der abermaligen Erweiterung des Herzrohrs schnellt der

kegelförmige Muskel sammt den Ostientrichtern und der Zellklappe nach hinten zurück.

Diese Vor- und Rückwärtsbewegung des gesammten Verschlussapparates kann schon mit freiem Auge am pulsirenden Maikäferherz studirt werden.

Eine zweite und, wie mir scheint, nur selten vorkommende Klappeneinrichtung ist bei der Larve von Chironomus plumosus vorhanden. In der Mitte des drittletzten Segmentes liegt das hinterste Ostienpaar. Die Einrichtung derselben gleicht der von Melolontha, mit dem Unterschiede, dass die Einschnitte nicht nach vorn, sondern ganz quer gestellt sind und dass nur ein ganz kleiner trichterförmiger Vorsprung in das Herzlumen hineinragt (Fig. 20).

Ferner wird bei der Systole (S) nicht allein der hintere Ostienlappen bewegt, sondern es klappen ganz deutlich beide Lappen (v^1, h^1) wie die Arme einer Zange zusammen, wobei sich die Spitzen der trichterförmigen Einstülpungen in der Mitte nahezu berühren.

Die sogenannten Interventricularklappen finden sich dagegen hier im Gegensatz zu Melolontha nicht im unmittelbaren Anschluss an die Ostienränder, sondern nehmen die Mitte zwischen je zwei aufeinander folgenden Ostienpaaren ein. Bei der Diastole erkennt man zwei gegenüberstehende, von den Herzwandungen entspringende, etwas nach vorn gekrümmte blattartige Falten der Intima (?), die zwischen sich einen beträchtlichen Raum freilassen (m). Bei der Systole klappen diese zwei Platten zusammen, und verwehren so dem vor ihnen gelegenen Blute den Rücktritt. Es schien mir allerdings, dass sich vorn an diese Interventricularklappen eine federnde Vorrichtung als Analogon zum kegelförmigen Hohlmuskel bei Melolontha ansetzt; bei der Kleinheit des Objectes konnte ich indess nichts Bestimmtes erkennen.

Völlig gleiche Einrichtungen der Ostien, wie bei der Chironomus-Larve, findet man bei den Larven der Ephemera; besondere Interventricularklappen sind indess hier nicht entwickelt und können wohl auch insofern überflüssig werden, als schon durch die sich fast berührenden Einstülpungen der Ostien ein genügender Verschluss bewirkt wird, der, wie Beobachtungen an lebenden Herzen zeigen, allerdings nicht hindert, dass bei der Systole ein nicht unbeträchtlicher Theil des von der hinteren Kammer und durch die Ostien aufgesaugten Blutes wieder in die erstere zurücktritt.

Eine nähere Besprechung verdient auch die Ostiengegend am

Herzen der Heuschrecken, wo mir mancherlei Modificationen bekannt geworden sind.

Bei Ephippigera (Fig. 17) laufen die Ringfasern in der Nähe der Spaltöffnungen nicht mehr parallel mit der Queraxe des Herzens, wie an den mittleren eingeschnürten Theilen desselben, sondern nehmen eine gegen den Ostienquerschnitt convergirende Stellung an. Zum bessern Verständniss dieses eigenthümlichen Verhältnisses kann man sich jede Ringfaser aus zwei seitlichen, halbkreisförmigen Stücken bestehend denken, die aber nicht in eine Ebene fallen, sondern in einem gegen die Ostien zu wachsenden Winkel sich schneiden. Indem nun die oberen und unteren Schenkel der zwei halbbogenförmigen Muskelreifen in der mediären Linie verschmelzen, entsteht an der ventralen und dorsalen Flächenansicht eine Art doppeltgefiederter Muskel, dessen Knotenpunkt unmittelbar zwischen den Ostien gelegen ist. An dem letzteren Orte hat es übrigens den Anschein, als ob die Fasern in Form einer Doppelschlinge die Ostienränder umgäben (Fig. 21), dass also, mit anderen Worten, nicht die Muskel-Stücke ϱ und h (Fig. 17) zusammengehörten, sondern dass der Schenkel ϱ der hinteren Herzkammer nur die Fortsetzung des Schenkels v der vorderen Herzkammer wäre, oder, auf Fig. 21 bezogen, dass nicht der Halbbogen $\alpha\ \gamma\ \delta$ und $\alpha\ \beta\ \delta$ eine Ringfaser vorstellen, sondern der arcus $\alpha\,\gamma\,\delta$ der hinteren Herzkammer zusammen mit dem Bogen $\alpha\,\zeta\,\delta$ der vorhergehenden Kammer.

Die Ostien erweisen sich hier als einfache Spaltöffnungen, ohne dass es zur Bildung einer hinteren und vorderen Klappe oder nur taschenförmiger Einstülpungen kommt. Die Ränder der Spaltöffnungen werden aus etwas stärkeren und schärfer quergestreiften Fasern gebildet, durch deren Zusammenschnürung vorzugsweise die Ostien geschlossen werden, wie das aus den construirten Kräfteparallelogrammen in Fig. 21 hervorgeht, wo die den Verschluss herbeiführenden und gegen einander wirkenden Kräfte c b und c' b' sich als Componenten der in der Richtung der schrägen Muskelfasern thätigen Kräfte darstellen.

Einen wesentlichen Antheil beim Verschluss der Ostienklappen wird man auch dem gesammten dorsalen und ventralen doppelt gefiederten Muskel zuschreiben müssen. Wahrscheinlich wird bei der Zusammenziehung des betreffenden Herzstückes auch eine Art Wulst zwischen den Ostien hergestellt, der den Rückfluss des Blutes in die hintere Herzkammer hindert.

Dass wir es an den Spaltöffnungen des Ephippigeraherzens mit keinerlei klappenartigen Einstülpungen der Herzwände zu thun haben, zeigt sich am besten, wenn man das Herz längs der mediären Linie aufschneidet und die dadurch gebildeten Lappen ausbreitet. Man erkennt dann einfache, von dicken Muskelfasern umgebene spindelförmige Oeffnungen.

Eine, wenn auch nicht bedeutungsvolle, Abweichung von dem bei Ephippigera geschilderten Bau der Herzgegend in der Nähe der Ostien wird bei Odontura beobachtet (Fig. 19). Die Spaltöffnungen (s p) liegen nämlich hier fast ihrer ganzen Ausdehnung nach auf der dorsalen Fläche des Herzens, während nur ein ganz geringer Antheil auch auf die seitlichen Partieen sich erstreckt. Damit in Beziehung steht wohl auch der Verlauf der Primitivfasern, welche gleichfalls nur an der Rückenfläche des Herzens den bei der Ephippigera geschilderten Verlauf nehmen (d), während die ventralen Stücke der Ringfasern ganz parallel zur Queraxe des Gefässes sind (v). Durch die kleinen gardinenartigen Einstülpungen der Ostienränder wird hier auch ein Uebergang zu den taschenartigen Ostienbildungen von Melolontha u. A. vermittelt.

Eine ungleich beträchtlichere Modification findet sich dagegen an der Ostiengegend von manchen Acridiern, z. B. Stenobothrus lineatus. Wird das Herz dieser Heuschrecke mit Goldchlorid behandelt, und dann in halb vertrocknetem Zustande untersucht, so lässt sich unschwer ein Theil der dorsalen Wand in der Nähe der Spaltöffnungen abtragen. Man erblickt dann einen mittelst zweier flächenartiger Ausbreitungen von der ventralen Seite des Herzens entspringenden Längsbalken, der die Queraxe der Ostien überbrückt (Fig. 6, Tr).

Die einzelnen sehr distincten Längsfasern dieses Trabekels sind sehr scharf quergestreift und stimmen völlig mit den typischen Ringfasern überein. An den Ausbreitungen der Flügel verschmelzen sie mit den circulären Primitivcylindern. Die Länge des ganzen Trabekels misst 0.4 mm., jene der schmalen Brücke 0.16 mm., während die Breite der letzteren 0.028 beträgt.

Es liegt wohl ziemlich auf der Hand, dass der beschriebene Muskel nur eine besondere Differenzirung des bei Ephippigera noch eng mit der Herzwand verbundenen doppelfiedrigen Muskels ist. Hinsichtlich der Function dieses Gebildes ist ziemlich klar, dass durch seine Con-

traction der Verschluss der Ostien (sp) wenn nicht allein bewerkstelligt, so doch wenigstens unterstützt wird. Es wäre auch möglich, dass in dem Trabekel, der bei der Systole ganz in die Mitte des Herzlumens zu liegen kommt, eine Art Sperrvorrichtung gegeben sei, wobei die von demselben gebildeten Taschen (α β) einen Theil des Blutes auffangen können.

Mit den von den Autoren beschriebenen Klappen haben aber die Flügel unseres Trabekels nichts zu thun.

II. Befestigungsapparat des Rückengefässes.

Seitdem man von der Ansicht abgekommen, dass die „Flügelmuskeln" einen wesentlichen Antheil bei der Diastole des Rückengefässes hätten, glaubt man in ihnen einen Befestigungsapparat für das Herz erkennen zu müssen.

Letztere Ansicht ist indess, wie später ausführlicher gezeigt werden soll, noch weniger gerechtfertigt, als die erstere.

Der eigentliche Befestigungsapparat des Rückengefässes ist bisher gänzlich übersehen worden; einen guten Einblick in denselben gestatten Querschnitte durch den dorsalen Theil des Abdomens.

Meine Beobachtungen beziehen sich auf Acridier (Oedipoda) und Locustiden (Ephippigera).

Bei der erstgenannten Form (Fig. 3) erkennt man mehrere von der dorsalen Cuticula auf den Rücken und die Seiten des Herzens herabreichende Muskeln (s). Dieselben sind zumeist Primitivfasern, welche sich hier (in der Nähe des Herzens) in Primitivfibrillen zerfasern, wodurch ein enges, die Seiten- und Rückenfläche des Herzens umspinnendes Netz entsteht, das direct mit der Adventitia zusammenhängt. Die Breite der Muskelfasern misst 0.07 mm.

Bei Ephippigera ist das Verhalten des fraglichen Apparates insofern etwas abweichend, als von der dorsalen Hautdecke, radiär zur Längsaxe des Herzens, lange Chitindornen entspringen, an welchen sich dann ihrerseits die Befestigungsmuskeln inseriren.

Die Function der beschriebenen Muskeln ist naheliegend, sie wirken zusammen als eine Art Suspensorium, indess ist das ihre einzige Function nicht.

Wie wir später hören werden, wird der gesammte Herzschlauch während der Diastole etwas nach unten gezogen, und das Suspen-

sorium hat nun eben die Aufgabe, nach Art einer Feder, das Herz wieder in die frühere (Systole) Stellung zurückzuführen.

III. Pericardialseptum.

Die sog. alae cordis oder Flügelmuskeln der Autoren stellen nach meinen Untersuchungen eine zusammenhängende, nur stellenweise durch kleine, fensterartige Lücken durchbrochene Haut dar (Fig. 2, S), durch welche die abdominale Leibeshöhle in zwei sehr ungleiche Stockwerke getheilt wird.

Im unteren Stockwerke liegt der Darmtractus (D) mit seinen Adnexen (z. B. den vasa Malpighii [g]), ferner der damit gleichfalls eng zusammenhängende Fettkörper, sowie das Tracheensystem und die Bauchganglienkette.

Bei den geschlechtsreifen Thieren wird ausserdem der grösste Theil der ventralen Leibeskammer durch die Genitaldrüsen eingenommen.

In den zwischen den aufgezählten Organsystemen gelegenen besonderer Wandungen entbehrenden Hohlräumen circulirt bekanntlich das Blut.

Im oberen oder dorsalen Leibesraum liegen, ausser dem Herzen (H), zum grösseren Theile nur verschiedenartige Bildungen des zelligen Bindegewebes, durchflochten von einem hier ungemein reich entwickelten Tracheennetz.

Von den Organen der unteren Leibeskammer findet man nur grössere oder kleinere Stücke der Malpighi'schen Gefässe.

Wie aus den folgenden Untersuchungen hervorgehen wird, ist der dorsale, das Herz umgebende Hohlraum als ein ächter Pericardialsinus aufzufassen, wesshalb wir auch die einzig und allein auf diesen beschränkten Zellen kurzweg Pericardialzellen nennen und dem entsprechend der früher erwähnten Flügelmuskelhaut den Namen Pericardialseptum beilegen.

Soviel zur vorläufigen Orientirung; der genaueren Darstellung des Pericardialseptum schicken wir die wichtigeren der bisher über diesen Gegenstand bekannt gewordenen Daten voraus. Dabei machen wir wieder die Erfahrung, dass gerade die ältesten Angaben, nämlich die von Strauss D., der Wahrheit zunächst kommen.

Strauss beschreibt die Flügelmuskeln des Maikäfers als zwei

breite bandartige Gewebe, welche auf jeder Seite mit einer Sehne (?) vom vorderen Rande der abdominalen Rückenschienen entspringen. Von diesem Ansatz, sagt er weiter, begeben sie sich nach innen und zertheilen sich mehr und mehr, indem sie allmälig breiter werdend am Herzen ein Gewebe bilden, welches aus einer Menge kleiner Streifen zusammengesetzt ist, von denen die unteren sich in eine Membran vereinigen, welche an der Unterfläche des Herzens befestigt ist, und sich mit denen der entgegengesetzten Seite vereinigen, während die oberen sich an der Seite des Herzens festsetzen [1]).

Die zu den Spaltöffnungen hintretenden Streifen befestigen sich nach Strauss nicht unmittelbar am Herzen, sondern an kleinen, die Spaltöffnungen überbrückenden Bogenstücken (Fig. 18b), so dass, wenn diese Bögen von den Bändern nach aussen gezogen sind, man bei jeder Oeffnung ein halbkreisförmiges Loch in den Flügeln des Herzens bemerkt, durch welches der Eintritt des Blutes in das Herz erleichtert wird.

Bei den meisten Insecten, fährt Strauss fort, sind die Fasern dieser bandartigen Gewebe mit einer ziemlich beträchtlichen Menge eines körnigen Fettes versehen, welches diese letzteren wie aus kleinen Körnchen gebildet erscheinen lässt.

Burmeister hat die in ihren gröbsten Grundzügen ziemlich richtigen Angaben von Strauss durch seine eigenen Nebenbemerkungen zuerst in ein zweifelhaftes Licht gestellt.

Er sagt, die Verbindung der muskulösen Flügel mit dem Herzen, welche keinen anderen Zweck hat, als den, das Herz in seiner Lage zu erhalten, ist innig, ohne dass man genau sagen könnte, wie? ob Fasern von den Flügeln zu denen des Herzens hinübergehen oder ob die Herzhäute seitliche Duplicaturen aussenden.

Am Rückengefäss der Libellen sollen ferner nach ihm die Flügel ganz fehlen, während bei Phasma nur ein einziges Flügelpaar am 6ten Hinterleibsring vorhanden wäre.

Von neueren Zootomen führen wir, mit Uebergehung der minder bedeutenden Daten, zunächst Leydig an, wenngleich seine hierauf

1) In der zugehörigen Abbildung aber erscheint das Rückengefäss direct von den Flügelmuskeln eingehüllt, als ob letztere aus zwei Platten beständen, die das Herz zwischen sich fassen. Diese Auffassung zeigen auch fast alle mir bekannten bildlichen Darstellungen des Insectenherzens in den diversen Handbüchern und Atlanten der Zoologie.

bezügliche Notiz (in seinem Lehrbuch der Histologie) wegen ihrer Kürze nicht ganz verständlich ist. Er sagt: Bei den Insecten sehen wir das Herz von einer eigenthümlichen Masse umhüllt, welche ausser einer hellen, homogenen Grund- und Verbindungssubstanz aus grossen Zellen (unseren Pericardialzellen) besteht.

In die helle Bindesubstanz verlieren sich die Scheiden der dreieckigen, hautartig ausgebreiteten Flügelmuskeln, welche das Herz an die Leibessegmente befestigen.

Die Frage nach den näheren Beziehungen zwischen Herz und Flügelmuskeln bleibt hier unerörtert.

Weissmann hält die Flügelmuskeln, gleich der Mehrheit seiner Vorgänger, gleichfalls für einen Fixationsapparat, woraus sich schon a priori schliessen lässt, dass er über die Natur derselben nicht ins Klare gekommen ist.

Das Rückengefäss der (Musciden-) Larve besteht nach ihm aus drei Theilen, von welchen nur die beiden hinteren durch Flügelmuskeln befestigt werden. Alle diese sind aber nicht an der Körperwand, sondern an den Tracheenstämmen angeheftet.

Zum hintersten Abschnitt treten von jeder Seite drei Flügelmuskeln heran, die sich durch Vermittlung von Zellen an das Gefäss befestigen. Je ein Flügelmuskel tritt hierbei an eine ganze Reihe von Zellen, indem er sich auf dem Wege zum Rückengefäss in mehrere Bündel theilt, von denen jedes zu einer Zelle verläuft und von denen je die äussersten miteinander verschmelzen, so dass also die Flügelmuskeln einer Seite unter einander znsammenhängen.

An der Zelle angekommen spaltet sich, nach W., das Sarkolemma der Flügelmuskeln in zwei Platten und bekleidet die obere und untere Fläche der Zelle als zarte, feingefaltete spinngewebartige Haut. Von hier geht sie dann auf das Rückengefäss selbst über und bildet auf ihm einen netzartigen Ueberzug, von dem sich schwer mit Sicherheit sagen lässt, ob er noch eine geschlossene Haut oder bloss ein Gewebe feiner Fasern mit Maschenräumen dazwischen vorstellt. Wahrscheinlicher dünkt W. das Erstere und er glaubt in Folge dessen auf die Gegenwart eines das Herz umgebenden Pericardialsinus schliessen zu dürfen.

Sehr deutliche Grenzen würde dieser Weissmann'sche Pericardialsinus allerdings nicht haben.

Bei der Puppe und beim Imago würde sich übrigens nach Weissmann's Darstellung die Sache wesentlich anders verhalten.

Auffallend war mir W. Begründung, warum das Herz am Beginn des Puppenstadiums nicht mehr fungire, da seine Flügelmuskeln zerfallen und eine Erweiterung des Herzens nach geschehener Contraction nicht mehr möglich sei. W. scheint sonach auch die Automatie des Insectenherzens in Frage zu ziehen, als ob das allereinfachste Experiment, nämlich die Durchschneidung sämmtlicher Flügelmuskeln, in dieser Angelegenheit nicht ganz entscheidend wäre.

a) Anatomisches und Physiologisches.

Wir haben uns die Aufgabe gestellt, in diesem Abschnitt die wichtigsten Ergebnisse unserer Forschungen betreffs des gröberen Baues und der Verrichtung des Pericardialseptum zusammenzustellen; in ausführlicherer Weise werden dann in einem nächsten Kapitel die histologischen Verhältnisse besprochen werden.

Die Gestalt und Lagerung der Flügelmuskeln ist bekannt ihre Anzahl ist nach den verschiedenen Gruppen und selbst Gattungen verschieden; bei den Heuschrecken zählte ich durchgehends deren neun Paare.

Von einer besonderen Befestigungssehne, wie sie Strauss annimmt, ist Nichts da. Die zu einem Flügel gehörigen Muskelprimitivfasern bilden an der Insertionsstelle einen zusammengedrückten kleinen Trichter, dessen Oeffnung auf der Hypodermis aufsitzt.

Bei manchen Formen (z. B. Stenobothrus) zerfallen die Fasern eines Flügels in mehrere secundäre Flügel oder Bündel, deren jedes für sich auf die angegebene Weise an der Matrix befestigt wird.

In der Mehrzahl der Fälle liegt die Insertionsstelle der Flügelmuskeln ganz hart am Vorderrand der Segmente und zwar unmittelbar über der Befestigungsstelle der Längs-Myokommata.

Die Längsaxe zweier zusammengehöriger Flügel verläuft sonach wenig hinter dem Grenzstrich der Segmente, so dass die mehr oder weniger tief gehenden dreieckigen Einschnitte zwischen den leiterartig aufeinanderfolgenden Flügelmuskelpaaren ziemlich mit den Ostienregionen zusammentreffen.

Von der Insertionsstelle aus divergiren die Muskelfasern gegen die Medianlinie, d. i. das Herz zu und bilden, alle in der nämlichen Ebene sich ausdehnend, eine dünne, einschichtige Hautlage.

Dabei stehen die Muskelfasern der beiderseitigen Flügel in

directer Verbindung untereinander (Acridier) oder sie hören in grösserer oder geringerer Entfernung vom Rückengefäss auf, und werden dann durch ein gleichzeitig als Perimysium fungirendes Bindegewebe mitsammen verknüpft. Diese bindegewebige Verbindung der beiderseitigen Flügelmuskeln, nennen wir Flügelmuskelsehne oder auch bindegewebiges Septum. Von höchster Bedeutung für die Funktion des Flügelmuskelapparates ist die Beziehung desselben zum Rückengefäss und zu den Pericardialzellen.

Um mich hierüber zu instruiren, verfuhr ich folgendermassen.

Ich öffnete das früher längere Zeit in einer erhärtenden Flüssigkeit gelegene Thier von der Bauchseite, nahm die Eingeweide heraus und schnitt dann vom Rücken des Thieres einen Längsstreifen heraus, dessen Breite gerade jener der beiderseitigen Flügelmuskeln entspricht.

Hierauf schälte ich sorgfältig das Integument weg und brachte das Präparat in seiner natürlichen Lage, d. i. mit der Rückseite nach oben, auf den Objectträger. Wenn man nun unter dem Präparirmikroskop die zunächst unter dem Integument liegenden Gewebe entfernt, so überzeugt man sich, namentlich bei grösseren Formen, sehr bald, dass das Pericardialseptum eine einzige zusammenhängende Membran bildet, auf welcher in der Mitte der Herzschlauch und seitwärts, sowie über dem letzteren die Pericardialzellen sammt anderen Zellgeweben aufruhen.

Nur verhältnissmässig feine Fäserchen, mit freiem Auge meist gar nicht sichtbar, gehen von der Oberseite des Septum auch auf die Zellen und von dort aufs Rückengefäss über; die Verbindung des Septum mit den Zellen und dem Herzen ist aber von so loser Natur, dass man die ersteren, ohne dass man sich's versieht, vom Septum losreisst.

Von einer eigentlichen Umspinnung des Rückengefässes durch die von den Flügelmuskeln abgehenden Fasern ist keine Rede, ja das Septum ist nicht einmal mit der ventralen Fläche des Herzens in einer näheren Verbindung. Davon überzeugt man sich am Besten durch Querschnitte. Lässt man den aus dem Rücken herausgeschnittenen Längsstreifen, in dessen Mitte das Herz verläuft, in 2% Chromsäure erhärten und faltet ihn dann längs der Medianlinie zusammen, so lassen sich in Hollundermark ganz prächtige Diagramme herstellen, die dann am zweckmässigsten

in einem Gemisch von Glycerin und Essigsäure oder in 35% Kalilauge aufgehellt werden.

Dabei wird man häufig Bildern begegnen, bei welchen das Septum vom Rückengefäss völlig isolirt erscheint. Fast durchgehends erkennt man auch, dass die Pericardialzellen zwischen dem Septum und den lateralen Theilen des Rückengefässes eingekeilt sind (Fig. 3 pz').

Bei einiger Vorsicht kann man übrigens auch am pulsirenden Herzen grösserer Insekten das Pericardialseptum vom Rückengefässe zum Theile abheben, wodurch das letztere nicht im Mindesten verletzt wird, wie aus der ungestörten Pulsation desselben hervorgeht.

Aus dem Bisherigen ergiebt sich zunächst, dass das Pericardialseptum mit der Diastole des Herzens gar Nichts zu thun hat, denn selbst in jenen Fällen, wo die Pericardialzellen durch feine Ausläufer des Septums mit dem letzteren sich verbinden, wird man die Anspannung der gleichzeitig auch mit der Herzwand verknüpften Zellen durch die Flügelmuskeln nicht mit der Herzexpansion in Beziehung bringen dürfen.

Gegen eine solche Auffassung spricht schon ein leicht anzustellendes Experiment.

Oeffnet man ein grösseres Insect, z. B. einen Maikäfer, von der Bauchseite, entfernt rasch die Eingeweide und durchschneidet die Flügelmuskeln in der Nähe des Herzens, so kann man letzteres trotzdem noch über eine Stunde pulsiren sehen.

Eine allerdings nur geringfügige locale Veränderung erfährt das Herz durch das Pericardialseptum dadurch, dass es bei der Contraction des letzteren etwas nach unten, d. i. also gegen die Bauchseite gezogen wird.

Schon oben ward angegeben, dass das sog. Herzsuspensorium die Aufgabe hat, dem Herzen seine frühere Stellung zu sichern.

Es hat sich bisher gezeigt, dass das Pericardialseptum weder bei der Diastole einen nennenswerthen Antheil nimmt, noch weniger aber als Fixationsapparat am Platze ist. So werden wir auf eine andere Function hingeleitet, die, so klar sie mir erscheint, trotzdem noch von Niemand erwähnt wurde.

Auch hier wird man mit Vortheil Querschnitte, und zwar auch solche durch das ganze Abdomen, studiren.

Aus Fig. 2, die ein solches Abdominaldiagramm durch den

6ten Ring von einem Stetheophyma grossum-♂ darstellt, ist vorerst zu ersehen, dass das Pericardialseptum eine von der Bauchfläche des Rückengefässes zu beiden Körperseiten herabsteigende, also ungefähr dachförmige oder bei anderen Formen halbcylindrische Haut bildet (S), die sich bei k also etwas über der Mitte der steilen Körperseiten an das Hautskelet anschliesst.

Was wird nun geschehen, werden wir uns fragen müssen, wenn sich die Flügelmuskel gleichzeitig mit der Expansion des Herzens zusammenziehen?

Offenbar werden die unter dem Septum gelegenen Organe zusammengepresst, denn die in der Richtung mm und mp (Fig. 4) wirkenden gleichen Kräfte geben eine in der Richtung m x, d. i. in der mediären Verticalebene des Körpers, wirkende Resultirende, welche das Septum mit dem darunterliegenden Gewebe sagen wir in die Lage m_1 oder m_2 bewegt.

Die nothwendige Consequenz dieses Druckes und der damit zusammenhängenden Erweiterung der dorsalen Leibeskammer (um den Theil m bis m_2) ist jedenfalls die, dass ein Theil des zwischen den Organen der verticalen Leibeshöhle cursirenden Blutes in den Pericardialsinus abfliesst, was sowohl in den Einschnitten zwischen den Flügelmuskeln geschehen kann, als auch durch die im bindegewebigen Theil des Septum befindlichen fensterartigen Lücken (Fig. 12, L).

Da gleichzeitig mit der Contraction der Flügelmuskeln auch die damit zusammenhängenden Pericardialzellen von dem Herzschlauch zurückgezogen werden, so wird dadurch dem Blute zugleich die Bahn geöffnet, in die Spalten des Herzens einzudringen.

Zaddach und Andere haben die Meinung ausgesprochen, dass die über dem Darm und unter dem Herzen ausgespannte Membran bei manchen niederen Krebsen (z. B. Holopedium), welche dem Pericardialseptum der Insecten jedenfalls wenn nicht homolog, so doch sicher analog ist, den Zweck haben mag, den Blutstrom zu zwingen, bis an das hintere Körperende hinabzusteigen, um dann von dort aus in die obere Körperhöhle und das Herz einzutreten.

Ich möchte sehr daran zweifeln, dass diese Erklärung auch auf die Insecten anwendbar ist. So viel ich einsehe, muss das Blut bei der Zusammenziehung der beschriebenen Körperpresse überall einen Ausweg suchen, der ihm eben nur durch die Interstitien der

Flügelmuskeln und die oben erwähnten grossen Lücken des Septums hindurch gestattet ist.

Nach Zaddachs Darstellung würde sich übrigens das Septum seines Krebses ganz passiv verhalten, was bei den Insecten, wo ja überwiegend musculöse Elemente vertreten sind, durchaus nicht der Fall ist.

Wenn die Frage nach der Grösse des durch das Septum erzeugten Druckes angeregt wird, so haben wir einerseits auf die Stärke der Flügelmuskeln und andererseits auf die Grösse des Winkels Bedacht zu nehmen, den die Tangenten der beiden Septumhälften (in Fig. 4 die Componenten m n und m p) einschliessen.

Mit dem Wachsthum des letzteren nimmt offenbar der Druck ab.

Verhältnissmässig klein ist der Septumwinkel, beziehungsweise der Krümmungsradius desselben bei allen Insecten mit mehr comprimirtem Körper, also z. B. gerade bei den Acridiern, schon grösser bei jenen, deren Abdominaldiagramm mehr kreisrund ist, wie bei den Locustiden, Hymenopteren, Lepidopteren; fast einem geraden nähert er sich aber bei den durch einen deprimirten Hinterleib ausgezeichneten Käfern, vielen Wanzen und anderen Formen.

Es erscheint mir nicht uninteressant, dass, soweit meine Erfahrungen reichen, gerade bei den letzteren Thieren die Länge der Flügelmuskeln, resp. die Breite des gesammten, in eine Ebene ausgebreiteten Septum verhältnissmässig grösser ist, als bei den mehr rund- und schmalleibigen Insecten und so die Stärke derselben den geringen Krümmungsradius des Septum compensirt.

Um nur ein Paar Beispiele anzuführen, so misst ein Septumschenkel (m n Fig. 4) bei Stetheophyma 1.3 mm. und kommt so ungefähr der Breite des entsprechenden Dorsalmetamers (die eingestülpte Gelenkhaut abgerechnet) gleich.

Von der Gesammtlänge der ganzen dorsalen Leibesseite nimmt der Flügelmuskel etwa den dritten Theil ein. Bei Locusta, Ephippigera und anderen Locustiden dagegen sind die Flügelmuskeln bei 3,5 mm. lang und überziehen fast die ganze obere Hälfte der Rückenschiene, während sie bei den meisten Käfern, z. B. Melolontha, Lucanus, deren Abdominaldiagramm nahezu zweimal so breit als hoch, ist fast die ganze Dorsaldecke einnehmen und ihre Länge die Breite eines Ringes (längs der Medianlinie gemessen) fast um das Dreifache übertrifft.

Uebrigens sind das Verhältnisse, die noch einer eingehenden Prüfung bedürfen.

So ist mir z. B. noch ganz unbekannt, wie die Sache bei den ganz platt gedrückten Formen, z. B. bei Phyllium, Aradus, Phymata, Nepa etc. steht. Nur an das Eine möchte ich erinnern, dass hier schon die geringfügigste Ortsveränderung des Septum eine sehr ausgiebige Dislocirung des darunter kreisenden Blutes bewirken müsste.

Aus dem Verhalten des Pericardialseptum geht hervor, dass den Insecten ein Herzbeutel in dem Sinne der Dekapoden gänzlich mangelt. Wenn wir trotzdem den das Herz umgebenden Raum als Pericardialsinus bezeichnen, so stützen wir uns dabei nur auf die functionelle Bedeutung desselben.

Die Grenzen unseres Blutsinus sind nach unten gegeben durch das Septum, von den Seiten durch die Längs-Myokommata (Fig. 3 l), nach oben, falls die letzteren dort fehlen, wie z. B. bei vielen Acridiern, durch das dorsale Integument. Nach unten und seitwärts reicht der Blutsinus bis zur Insertion der Flügelmuskeln.

b) Histologisches.

Da frühere Forscher bei der Besprechung der Flügelmuskeln weder des feineren Baues der Muskelfasern und noch weniger des damit zusammenhängenden Bindegewebes Erwähnung thun, so hielt ich es für zeitgemäss, gerade in dieser Richtung mich genauer umzusehen.

Wenn aber die Herren Histologen von Fach mit den erhaltenen Resultaten, speciell betreffs gewisser Bindegewebsformen, nicht völlig befriedigt sein sollen, so mögen sie sich des Gesagten erinnern und je eher desto lieber dieses Kapitel in die Hand nehmen.

Muskeln.

Hinsichtlich des Verhaltens der Flügelmuskeln können wir auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen drei Fälle unterscheiden.

1. Die Muskelprimitivfasern endigen beiderseits des Herzens und nehmen einen durchaus getrennten Verlauf.

Dieser Fall ist der weitaus häufigste. So steht es bei den Grillen, Blattiden und Locustiden, bei den Coleopteren, den meisten

Hymenopteren (z. B. Bombus), bei den Rhynchoten (Mormidea) und den Lepidopteren (z. B. Saturnia).

2. Die Muskelprimitivfasern (Fig. 6 fm) laufen von ihrer Insertion aus ohne Anastomosen neben einander her, zerfallen aber in der Nähe des Herzens in zahlreiche Fibrillen (fm'), die, mit jenen der gegenüberliegenden Seite verschmelzend, unter dem Herzrohr ein dichtes, schmalmaschiges Netz bilden.

Dieses ganz eigenthümliche Verhalten wurde bisher nur bei den Acridiern Stenobothrus, Stetheophyma, Pezotettix, Oedipoda etc., sowie bei einigen Schmetterlingen (z. B. Vanessa-Arten) beobachtet.

3. Die Muskelprimitivfasern tauschen schon vor ihrem Ursprung Anastomosen aus und bilden so ein langgestrecktes grobes Balkenwerk (Fig. 7**), das entweder mit der Gegenseite unmittelbar zusammenhängt (Vespa, Osmia, oder durch Bindegewebe wie bei Nr. 1 getrennt wird (Bombus, Formica, Xylocopa, Apis).

Diese Muskelanordnung ist charakteristisch für viele Hymenopteren. Eine nähere Besprechung verdient nur der Fall No. 1, wobei gewisse hier zur Sprache kommende Verhältnisse auch auf die übrigen Fälle Anwendung haben.

Wir wissen, dass die an der Insertionsstelle in einen Büschel zusammengefassten Primitivfasern gegen das Herz hin radiär auseinanderlaufen. Die dadurch entstehenden interradialen Sectoren des Septum werden durch spinnwebeartiges Bindegewebe ausgefüttert (Fig. 16 ε).

Es kommt aber auch vor, dass mehrere Fasern bis zu ihrer Endigung ganz hart nebeneinander verlaufen.

Das Ende der Primitivfasern befindet sich, wie bereits erwähnt, in sehr wechselnder Distanz vom Rückengefäss (Fig. 12 und Fig. 17 fm).

Bei Gryllotalpa und etlichen Hymenopteren sah ich Fasern, die ganz hart an das Herz, richtiger gegen die Medianlinie des Septums herantraten.

Es muss aber gleich bemerkt werden, dass man am frischen Septum wohl kaum jemals die Endigung der Fasern in den Flügelmuskelsehnen mit erwünschter Schärfe beobachten kann (Fig. 16 α).

Da nämlich die Querstreifung der Fasern oft ganz in den Hintergrund tritt und nur die Längsstreifung als Ausdruck der sog.

Primitivfibrillen sichtbar ist, so gewinnt es häufig den Anschein, als ob die Fasern sich unmittelbar in das Bindegewebe fortsetzten und dies namentlich dann, wenn letzteres einen fibrillären Charakter an sich trägt, wie z. B. bei manchen Locustiden und vielen Käfern, von denen ich speciell Carabus und Silpha anführe (Fig 7* A).

Zur Verdeutlichung der Muskelendigungen kann man sich verschiedener Reagentien bedienen.

Wir nennen zuerst Alkohol. Längere Zeit in Alkohol gelegene Flügelmuskeln bieten ein sehr wechselndes Aussehen dar und dies gilt sogar für eine und dieselbe Species nach der verschieden langdauernden Einwirkung desselben.

Bald sind die Disc mit aller wünschenswerthen Schärfe abgesetzt (Locusta, Ephippigera, Oedipoda), bald ist aber auch keine Spur davon zu erkennen.

Als Regel ist aber zu notiren, dass nach Alkoholeinwirkung und namentlich dann, wenn später reichlich Wasser zugegossen wird, die Disc der Herzmuscularis und der Längsmyokommata stets ausgezeichnet schön hervortreten. Im letzteren Falle erhält man zuweilen (Ocypus) ganz ähnliche Bilder, wie nach 1 % Salzsäure. Die Disc treten innerhalb des collabirten Sarcolemmaschlauches oft weit auseinander und können fast geldrollenartig aus demselben mittelst der Präparirnadel entfernt werden.

Die Trennung der Disc in die Fleischelemente kann dabei mehr oder weniger ausgesprochen sein.

Dieses ganz differente Verhalten der Längs- und Flügelmuskelfasern gegenüber einem und demselben Reagens scheint doch auf eine chemische Verschiedenheit der betreffenden Kittsubstanzen hinzuweisen, insofern der Längskitt der Flügelmuskeln gegen Alkohol weit resistenter sich verhält, als jener der Stammmuskeln.

Als weiterer Unterschied zwischen den Stamm- und Flügelmuskeln ist noch hervorzuheben, dass, falls die Disc der Flügelmuskeln nach Alkohol sichtbar werden, die hinteren und vorderen Ränder derselben immer ganz scharf, wenn auch mit gröberen Zacken erscheinen, als jene der Längsmuskeln, bei denen der elementare Zerfall stets weiter gediehen ist.

Mit dem besten Erfolg habe ich zur Markirung der Muskelenden conc. oder auch verdünnte Salpetersäure angewendet. Es bilden sich unter ihrem Einfluss zwischen den scharf hervortretenden gelblich glänzenden Disc tiefe Einkerbungen (Fig. 7* B f und 16 β).

Gute Dienste leistet ferner Karmintinction (Fig. 16 δ), sowie die Behandlung mit dem Millon'schen Reagens, wodurch die Muskeln weit intensiver als das Bindegewebe geröthet werden.

Auch Chromsäure wird mit Vortheil angewendet (Fig. 16 ζ). Namentlich treten hier die sarcous elements sehr schön hervor.

Prächtige Bilder gibt auch die sog. Xanthoproteinsäurereaction (η) und Goldchlorid (ϑ).

Wer derlei Präparate studirt, wird hoffentlich die bisher ziemlich allgemein verbreitete Ansicht aufgeben, dass die Flügelmuskeln unter dem Herzen hautförmig werden.

Die Flügelmuskelfasern zeigen meist ihrer ganzen Länge nach dieselbe Breite, indess kann man doch stellenweise eine deutliche Verschmälerung gegen das Ende zu bemerken (Fig. 16 ϑ).

Das Ende der Faser, sehr gut auch in Kalilauge hervortretend, ist entweder einfach abgestutzt, oder geht in eine, selten in mehre Spitzen aus.

Von Bedeutung mag die auch anderwärts beobachtete Erscheinung sein, dass an den Faserenden nicht selten auf beträchtlichen Strecken der Inhalt fehlt; es fragt sich aber nur, ob es sich an der frischen Faser auch so verhält.

Betreffs der Anzahl der zu einem Flügel vereinigten Primitivbündel fehlen mir ausgedehntere Beobachtungen; bei Colymbetes zählte ich durchschnittlich 50 Fasern.

Zahlreiche Notizen machte ich mir dagegen bezüglich der Länge und Breite der Disc.

Ein engerer Zusamenhang zwischen der Grösse der Thiere und der Breite der Flügelmuskelfasern kann durchaus nicht constatirt werden.

Denn während z. B. die Fasern einer kleinen Anthophora die beträchtliche Breite von 0.011 mm. erreichen, sind die Muskelfibern des Hirschkäfers nur 0.008 mm. dick. Eine beträchtliche Verschiedenheit in der Stärke der Flügelmuskelfasern wird überhaupt nicht beobachtet.

Als Extreme fand ich 0.012 mm. (Locusta) und 0.006 mm. (Ocyspus und Dorcus).

Bei der Mehrzahl der einheimischen Locustiden, wobei allerdings fast nur Thiere von gleicher Grösse in Betracht kommen, ist die Breite der Flügelmuskelfasern 0.009 mm.

Von der verhältnissmässig sehr grossen Länge (oder Höhe) der

Flügelmuskeldisc war schon vorher die Rede. Mit Ausnahme von Anthophora und Vanessa, deren Scheiben fast fünfmal kürzer als breit sind, ist bei allen zur Untersuchung gekommenen Käfern und Heuschrecken der Längendurchmesser wenig oder gar nicht kürzer als der Querdurchmesser, so dass die Fleischscheiben dieser Thiere gleichseitige Cylinder vorstellen.

Ich hebe das insbesondere im Gegensatz zu den Längsmuskeln hervor, deren Scheibendurchmesser nach der Länge vier- (Ephippigera, Stenobothrus) bis siebenmal kürzer erscheint als nach der Quere.

Was die zwischen den Fleischelementen befindlichen Kittsubstanzen betrifft, so ist deren Ausdehnung eine ziemlich verschiedene, aber durchgehends geringer als jene der sarcous elements.

Bei Lucanus misst das Längsbindemittel 0.002 mm., das Querbindemittel 0.0005 mm., womit auch ungefähr die Breite der sarcous elements übereinstimmt.

Ein ähnliches Messungsresultat giebt Platycleis.

Die den Flügelmuskelfasern eingelagerten Kerne sind nur selten zu erkennen. Bei Oedipoda fand ich sie (nach Alkoholzusatz) von rundlich-elliptischer Gestalt und 0.01—0.012 mm. Länge. Sie liegen stets alternirend hintereinander.

Bindegewebe.

Wenn wir von der inneren homogenen Lage der Hypodermis (Fig. 12 cu) absehen, die man gelegentlich dem Corium höherer Thiere gegenüberstellt und die als sog. Sarkolemma (Fig. 7*r) und Perimysium auf die Haut- und Flügelmuskeln übergeht, so können wir am Pericardialseptum morphologisch noch drei Bindegewebe von häutigem Charakter unterscheiden, die wir der Reihe nach als streifiges Sehnengewebe, als elastisches Fasergewebe und als Reticulum s. str. bezeichnen und beschreiben wollen.

Erstgenannte zwei Gewebe bilden übrigens nur eine einzige Gruppe, deren extreme Erscheinungsformen aber sehr gut auseinander zu halten sind.

Streifiges Sehnengewebe. Mit Ausnahme der von mir untersuchten Acridier und einiger Hymenopteren (Apis, Vespa, Osmia) gehört der bindegewebige mediäre Abschnitt des Pericardialseptum sämmtlicher Insecten in diese Kategorie, nur bei manchen

Käfern (Melolontha, Carabus etc.) scheint die typische Natur der elastischen Balkennetze in den Vordergrund zu treten, während bei den Blattiden (Ectobia) durch den Mangel der sonst so charakteristischen Längsstreifung ein Anschluss an das formlose, homogene Gewebe der Hypodermis gegeben ist, von dem es sich aber wesentlich wieder durch den Besitz der sog. Bindegewebkörperchen unterscheidet.

Das in Rede stehende Gewebe zeigt in seiner prägnantesten Form, wie wir es beispielshalber bei den Locustiden und den meisten Käfern vorfinden, einen fibrillären Charakter, ohne dass es indess mit dem fibrillären Bindegewebe der Vertebraten parallelisirt werden dürfte.

Von dem letzteren unterscheidet es sich nämlich auf mehrfache Weise.

Einmal gelingt es niemals, auch nicht mit Anwendung von Kalk- und Barytwasser oder Kochsalzlösung gesonderte Fibrillen oder auch nur isolirte Fibrillenbündel darzustellen. Zweitens löst es sich in siedendem Wasser nicht auf und wird endlich durch Säuren, z. B. Essigsäure, das streifige Ansehen durchaus nicht verwischt.

Dazu kommt noch die Reaction auf die sog. Xanthoproteinsäure, welche eine hochgelbe Färbung giebt, sowie auf das Millon'sche Reagens, das unser Bindegewebe merklich röthet, und ferner die grosse Resistenz gegen Alkalien.

Durch die letztgenannten Eigenschaften und speciell durch seine eminente Widerstandsfähigkeit gegen conc. Natronlauge erinnert unser Gewebe an die elastischen Platten der Vertebraten, von denen es auch morphologisch oft kaum zu unterscheiden ist.

Nach Rollett's Dafürhalten scheint eine grosse Aehnlichkeit mit dem Balkengewebe des sog. ligamentum pectinatum Iridis des Menschen[1]) zu bestehen, während ich selbst auch manche Analogie mit den elastischen durchbrochenen Platten an der Innenwand des Schlemm'schen Canals beim Menschen[2]) erkennen zu müssen glaubte.

---

1) Vgl. das Handbuch der Histologie v. Stricker. Kapitel Bindegewebe v. A. Rollett.

2) Dr. G. Schwalbe, Untersuch. über die Lymphbahnen des Auges und ihre Begrenzungen. 2. Th. dieses Archiv 6. Bd. vgl. Taf. 18, Fig. 28 u. A.

Nicht überall ist die fibrilläre Natur so scharf ausgesprochen wie bei den Locustiden; denn während sie, wie schon erwähnt, bei Ectobia gänzlich fehlt (Fig. 10), sehen wir das Sehnengewebe von Melolontha, Lucanus, Dorcus und anderen Käfern (Fig. 23 und 13* fs) nur ganz undeutlich längsgestreift, so dass es völlig den Anschein gewinnt, dass man es hier nur mit stellenweisen, linearen Verdickungen und Erhärtungen der ursprünglich homogenen Grundsubstanz (vielleicht durch Chitin?) zu thun hat.

Sehr wechselnd ist die Anzahl, Beschaffenheit und Form der fast regelmässig im Sehnengewebe auftretenden Lücken. Bei manchen Locustiden (Ephippigera, Platycleis, Thamnotrizor, Odontura, ferner bei gewissen Käfern, z. B. Carabus violaceus sind dieselben stellenweise sehr zahlreich, häufig von rundlicher Gestalt und durch wellenförmig geschwungene Conturen ausgezeichnet, so dass man, abgesehen von der chemischen Beschaffenheit, ein aräoläres Bindegewebe im engeren Sinne dieses Wortes vor sich zu haben glaubt (Fig. 17 x). Die z. B. bei Locusta mit ausserordentlicher Schärfe hervortretenden Scheinfibrillen haben eine Breite von ungefähr 0.0009 mm. Gelegentlich scheinen die erwähnten Lücken, geradeso wie beim echten fibrillären Gewebe, durch circuläre Fibrillen ausgekleidet zu sein (Odontura).

Vorherrschend begegnet man aber elliptischen und spindelförmigen Lücken, deren Längsaxe ausnahmslos mit der Längsrichtung der Flügelmuskeln und der Bindegewebskörper parallel läuft. In diesem Falle erscheinen die Ränder meist glatt und scharf conturirt. Der Längsdurchmesser dieser Lücken ist bei Lucanus ein ziemlich constanter und verhältnissmässig sehr klein, während er bei anderen Species, z. B. Dorcus, Melolontha, Dyticus sehr beträchtliche Schwankungen zeigt (0.02—0.07 mm.).

Bezüglich des Verhaltens der mehr oder weniger streifigen Grundsubstanz unseres Bindegewebes gegen chemische und Wärmeeinflüsse fügen wir hier noch einige specielle Daten bei.

Durch achtstündiges Kochen in Wasser wird das Sehnengewebe von Melolontha scheinbar gar nicht alterirt und bleibt speciell die Streifung erhalten.

Ebensowenig verändert sich das Gewebe, wenn es längere Zeit mit Essigsäure behandelt, dann gewaschen und in Wasser viele Stunden lang gekocht oder bei 40° digerirt wird.

Ziemlich rasch verliert sich dagegen die Streifung durch Be-

handlung mit Carmin (Fig. 16 δ) und bei der Chromsäuretinction (Fig. 16 ζ Fig. 11).

Nach Zugabe von Salpetersäure glaube ich öfter eine Krümmung der Scheinfibrillen bemerkt zu haben, es fragt sich indess, ob dieselbe nicht auf die Schrumpfung des Gewebes zu beziehen ist (Fig. 16 β). Gleichzeitig wird das Gewebe gelblich gefärbt (Dorcus).

In 10 % Salzsäure löst sich das Sehnengewebe der Heuschrecken in wenigen Stunden auf, in conc. Schwefelsäure schon nach etlichen Minuten.

Nach Behandlung mit Kalkwasser tritt, wenigstens bei Ephippigera, die Streifung weit schärfer hervor, ohne dass es aber zur Isolirung von Fibrillen oder Fibrillenbündeln kommt (Fig. 16 ε). Durch Goldchlorid wird eine violette, später eine intensiv blaue Färbung erzielt, wobei die Streifung erhalten bleibt und die Bindegewebszellen sehr distinct hervortreten (Fig. 16 ϑ).

In 20 % Kalilauge wurde das Bindegewebe von Odontura schon nach drei Stunden völlig zerstört. Ebenso verhält sich conc. Natronlauge gegenüber dem Bindegewebe von Ephippigera und Melolontha, während jenes von Dorcus selbst nach 6stündiger Einwirkung noch erhalten bleibt. Nicht minder resistent verhält sich das Gewebe von Odontura.

Offenbar hat man es hier mit verschiedenen Härtungsgraden zu thun, da doch nicht anzunehmen ist, dass functionell und morphologisch übereinstimmende Gewebe wesentlich verschiedener Natur seien.

Es sind noch kurz die in unserem Bindegewebe vorkommenden Formbestandtheile zu besprechen.

Nach den bisherigen Beobachtungen können wir, gerade so wie bei höheren Thieren, zweierlei Gebilde unterscheiden, nämlich vorherrschend rundliche, aber membranlose Zellen mit deutlichem Kern und dann vorwiegend langgestreckte stäbchen- oder spindelförmige Körperchen ohne Andeutung eines Kerns.

Rundliche, kernhaltige Zellen habe ich einzig und allein bei Blattiden vorgefunden (Fig. 10 k). Sie präsentiren sich, im Blute des Thieres oder in Müller'scher Flüssigkeit untersucht, als grobkörnige Klümpchen von etwa 0.014 mm. Durchmesser. Der fast überall deutlich hervortretende Kern ist kreisrund oder breit elliptisch und misst 0.008 mm. Pikrinsäure bringt an ihnen keine merkliche Veränderung hervor.

Stellenweise trifft man solche Zellen, wo der den Kern umgebende Protoplasmahof verschwunden ist, also nur mehr der Kern persistirt. Auf Grund dieses Verhaltens könnte man wohl zur Ansicht kommen, dass die Bindegewebskörperchen der anderen Insekten nur den Kernen primärer Bindegewebszellen äquivalente Ueberreste vorstellen. Dagegen spricht aber, abgesehen von der ganz differenten Gestalt dieser Kerngebilde, auch der Umstand, dass ich bei mehreren Schmetterlingsarten (Euprepia) niemals kernhaltige runde Zellen, sondern immer nur wurstartige, feinkörnige Protoplasmamassen vorfand, die den Formbestandtheilen des fibrillären Bindegewebes im Netze von Säugethierembryonen sehr ähnlich sind (Fig. 15).

Hinsichtlich der Verbreitung der langgestreckten Bindegewebskörperchen ist nur zu erwähnen, dass sie von den untersuchten Thieren nur bei zwei Käfern, nämlich bei Lucanus und Dorcus, vermisst wurden.

In diesem Falle hat sich wohl das Bindegewebe auf Kosten der Formbestandtheile weiter modificirt, als bei anderen Species, nimmt sonach genetisch eine höhere Stufe ein.

Am häufigsten ist die Gestalt der in Rede stehenden Gebilde, wie schon erwähnt, stäbchen- oder spindelförmig, mit oft sehr lang ausgezogenen Enden (Locusta, Platycleis). Indess trifft man nicht selten auch hufeisenförmige, sichelartige und bisquitförmige Gestalten, wobei letztere vielleicht als Producte unvollständiger Theilung zu betrachten sind.

Die Grösse der Bindegewebskörperchen ist selbst an einem und demselben Individuum sehr wechselnd, noch grössere Schwankungen trifft man bei verschiedenen Species.

Als Extreme habe ich notirt 0.007 mm. (Melolontha) und 0.043 mm. (Ephippigera). Die durchschnittliche Grösse beträgt etwa 0.015 mm. Betreffs ihres Verhaltens gegen chemische Einflüsse ist wenig zu sagen.

Im Gegensatz zu den Formbestandtheilen des ächten fibrillären Bindegewebes der Wirbelthiere sind sie schon im frischen Gewebe gut erkennbar. Schöne Uebersichtsbilder geben Alkohol, Goldchlorid, sowie Tinctionen mit Karmin und 2 % Chromsäure. Letztere bringt eine eigenthümliche Veränderung mit sich. Die sonst langgestreckten Körperchen blähen sich auf und nehmen eine mehr ovale oder ganz kreisrunde Gestalt an (Fig. 16 ζ).

Elastisches Fasernetz. Wie schon bemerkt, ist das

elastische Fasernetz nur als eine besondere Modification des streifigen Sehnengewebes anzusehen, wie sich am schönsten bei manchen Fasern, z. B. bei Carabus, Sylpha etc. nachweisen lässt, wo die ausgezeichnet netzförmigen Bildungen mit soliden, nur stellenweise gefensterten Platten in Continuität stehen (Fig. 7* g u. Fig. 13* b).

Dieselbe Beobachtung lässt sich auch bei Melolontha machen (Fig. 23), wo vom hautförmigen Septum (fs) dickere oder schmälere Balken (m) sich erheben, in den Pericardialraum eindringen und unter spitzen Winkeln sich vielfach zertheilend, ein ganz characteristisches, von wenigen rhombischen Lücken durchbrochenes Netzwerk darstellen. Diese Fasern treten entweder unmittelbar mit den faserigen Ausläufern der adventitia des Herzens (a) in Verbindung oder setzen sich auf die in der citirten Figur angedeutete Weise mit den Pericardialzellen in Verbindung, wobei die letzteren dann eine frappante Aehnlichkeit mit unipolaren, bipolaren oder multipolaren Ganglienzelllen aufweisen. Dabei ist hervorzuheben, dass die Pericardialzellen keineswegs, wie es Weissmann darstellt, einen besonderen Ueberzug bekommen; es setzt sich vielmehr die Zellmembran unmittelbar in diese fadenartigen Bildungen fort, die auch in der Nähe der Zellen mit Protoplasma erfüllt sind und meist im weiteren Verlaufe homogene (solide?) Fasern darstellen.

Bei den Wirbelthieren kenne ich keine ähnliche Bildung, wenn nicht vielleicht das spongiöse Bindegewebe der Retina und die Neuroglia überhaupt hierher zu zählen ist.

Aehnlich wie bei Melolontha verhalten sich die vom Septum abzweigenden Balken und Fasern bei Dorcus, nur dass es hier meist zur Bildung von zweifaserigen Pericardialzellen kommt. Auch Lucanus und andere Käfer bieten hierfür interessante Beispiele.

Ganz überraschend schöne Bilder über den Verlauf dieser Fasern erzielt man dadurch, dass man das Herz mit einer durch Carmin gerötheten Leimlösung injicirt und dann längere Zeit in Alkohol legt. Nach einiger Zeit kann man an Zupfpräparaten ganze Fetzen des Fasernetzes isolirt zur Anschauung bringen.

Wesentlich anders als bei den Käfern steht die Sache bei den Apiden und einigen anderen Hymenopteren z. B. Sirex, wo kein solides bindegewebiges Septum entwickelt ist. Die Fasern

sind hier spärlicher, bilden nur stellenweise weitmaschige Netze, die theils an den Pericardialzellen und Flügelmuskelfasern, theils an der adventitia sich anheften (Fig. 7** e).

Ihrem ganzen Aussehen nach stimmen die in Rede stehenden Fasern durchaus mit den echten elastischen Fibrillen überein. Sie erscheinen ganz homogen und von blassgelblicher Färbung. Ihr Durchmesser ist sehr variabel. Die feinsten Fibern bei Apis messen 0.0008, während andere nicht selten das Fünffache betragen.

In ihrem chemischen Verhalten sind wenigstens die Fasern von Osmia den echten elastischen Fasern wenn nicht gleich, so doch sehr nahe zu setzen, indem sie in conc. Natronlauge tagelang aushalten und, mit Millon's Reagens behandelt, deutlich die Eiweissreaction zeigen.

Zu hüten hat man sich vor allfälliger Verwechslung mit Nervenfasern und Tracheenreisern. Von beiden Bildungen unterscheiden sie sich indess sofort durch ihren continuirlichen Uebergang in die soliden bindegewebigen Häute der adventitia und des Septum.

Reticuläres Bindegewebe. Nach E. Häckels Darstellung würden sich die von den früheren Forschern unter dem Namen des Gallertgewebes beschriebenen Netze, wenigstens beim Flusskrebs, lediglich als Interstitien der eigenthümlichen gallertigen Zellen, wie sie beispielsweise an den Arterien vorkommen, erweisen.

Dem gegenüber erscheint es vielleicht nicht ganz überflüssig, auf das Vorkommen eines ausgezeichneten Reticulums bei Insecten aufmerksam zu machen.

Ein ganz ähnliches Gebilde hat übrigens Leydig in seinem Lehrbuch der Histologie abgebildet, ohne aber dessen Verbreitung und Vorkommen überhaupt näher anzugeben.

Bei den Acridiern, wo diese Netze bisher allein von mir beobachtet wurden, breiten sie sich zwischen den fächerartig auseinanderlaufenden Flügelmuskelfasern aus, deren engere Verbindung sie herstellen (Fig. 6 fs). Zur Demonstrirung dieses Reticulums sind härtende Mittel, namentlich Alkohol, zu empfehlen.

Es lässt sich dann als eine continuirliche Hautschicht von den darüberliegenden Pericardialzelllagen abziehen und durch sorgfältige Abpinselung ganz rein darstellen. Behufs der Verdeutlichung der Kerngebilde ist eine nachträgliche Tinction mit Carmin am Platze.

Im Gegensatze zu den Gewebsformen des Septum anderer Thiere ist die Zusammenzetzung des Acridierreticulum aus Zellen

sehr gut ausgedrückt. Diese Zellen haben einen ziemlich wechselnden Durchmesser und bilden mit ihren strahlenförmigen Ausläufern, die nicht selten wieder secundäre Aeste abgeben, ein zierliches Gitterwerk, aus dessen Knoten die rundlichen oder breit elliptischen Kerne hervorleuchten (Fig. 11*). Letztere haben bei Stetheophyma grossum einen Durchmesser von 0.017 mm. und jener der Lücken misst im Durchschnitt 0.65 mm.

Indem, namentlich an Spiritusexemplaren, stellenweise die Pericardialzellen zerfallen und ihre Kerne frei werden, gewinnt es den Anschein, als ob die Maschenräume unseres Reticulums mit kleinen lymphoiden Zellen angefüllt wären; mit dem sog. adenoiden Gewebe scheint indessen unser Netz wenig gemein zu haben; eine grössere Aehnlichkeit spricht sich dagegen mit dem umhüllenden Bindegewebe der Thränendrüse aus[1]).

Betreffs des chemischen Verhaltens kann ich nur die grosse Resistenz gegen Säuren und conc. Natronlauge hervorheben. In letzterer blieb das fragliche Netz sechs Stunden ganz unversehrt, eine reichliche Zugabe von Wasser führt aber bald die Auflösung herbei.

Vielleicht lassen sich, wenn man eine grössere Reihe diverser Insectenarten untersucht, als es mir möglich war, Uebergänge von dem beschriebenen Reticulum zum streifigen Sehnengewebe auffinden. Vor der Hand besteht aber zwischen denselben eine sehr bedeutende Kluft, was namentlich hinsichtlich der sonst so nahe stehenden Locustiden auffällt.

IV. Pericardialgewebe.

a) Morphologisches.

Die von uns sls Pericardialsinus bezeichnete dorsale Leibesabtheilung der Insecten ist, wie schon oben erwähnt, nicht lediglich ein Blutbehälter, indem theils besondere Organe ihm eingelagert sind, theils von der ventralen Körperhöhle solche durch die zwischen den Insertionspunkten der Flügelmuskeln liegenden Oeffnungen in dieselben eintreten.

---

1) Vgl. Fig. 10. Taf. XI in Fr. Boll's Arbeit „über den Bau der Thränendrüse," dieses Archiv Bd. 4. pag. 146.

Mit Ausnahme der Malpighi'schen Gefässe und der Antheile des Nervensystems, das von uns völlig unberücksichtigt gelassen, können wir das Pericardialgewebe als Fettkörper im weitesten Sinne dieses vieldeutigen und nicht ganz zweckmässigen Wortes auffassen.

Im Einzelnen unterscheidet man regelmässig viererlei Bildungen, nämlich drei distincte Arten von Zellgewebe s. str. und das die nähere Verbindung dieser drei Zellcomplexe vermittelnde Tracheennetz.

Von den drei Formen des zelligen Gewebes ist nur eine ausschliesslich auf den Pericardialraum beschränkt und wurde schon früher für die Elemente desselben der Terminus Pericardialzellen in Vorschlag gebracht; sonst unterscheiden wir noch den echten, d. h. fettführenden Fettkörper und die in demselben sporadisch vertheilten „eingesprengten" Zellen.

Betreffs der gegenseitigen Lagerung der aufgezählten Gewebe oder Organe lässt sich im Allgemeinen nur sagen, dass die Pericardialzellen zumeist sich in der Nähe des Herzrohrs halten, dasselbe enge umstricken, gleichzeitig aber auch längs der Flügelmuskeln sich ausbreiten, während der eigentliche Fettkörper in die dadurch gebildeten Zwischenräume sich einkeilt und nur mit einzelnen Parthieen tiefer in den Pericardialzellenpolster sich einsenkt, ja stellenweise sogar sich ganz hart an das Rückengefäss selbst anschliesst.

Die grösseren Tracheenstämme verlaufen hart an der Hautdecke, breiten sich also vorwiegend an der dorsalen Fläche des Pericardialsinus aus, wobei sie allerdings auch sehr zahlreiche und meist baumförmig sich verästelnde Zweige an das Zellgewebe abgeben.

Pericardialzellen. Betreffs der älteren Angaben über diese Zellen können wir uns sehr kurz fassen.

Im Anschluss an R. Wagner spricht Leydig von einer besonderen zelligen Schichte des Herzens, welche ausser einer „hellen homogenen Grund- und Verbindungssubstanz" aus grossen Zellen besteht, die einen meist gelblichen oder grün gefärbten körnigen Inhalt besitzen. „In diese helle Bindesubstanz" würden sich nach ihm weiters die Scheiden der dreieckigen hautartig ausgebreiteten Flügelmuskeln verlieren.

Nach Weissmanns Darstellung würde ferner bei ausgebil-

deten Insecten die Zellenlage von dem Rückengefäss selbst noch durch eine dem letzteren lose anliegende musculöse Scheide umgeben, die ihrerseits durch die Pericardialzellen mit den Flügelmuskeln in Verbindung treten.

Im Widerspruch mit diesen Anschauungen geht aus unseren Untersuchungen evident hervor, dass die Pericardialzellen lediglich nur als Einlagerungen des das Herz umschliessenden grossen Hohlraumes anzusehen sind, die nicht selten weder mit dem Herzen, noch mit den Flügelmuskeln einen directen Zusammenhang haben, sondern, wie z. B. an der dorsalen Medianlinie sich mit der bindegewebigen Schichte der Hypodermis verknüpfen.

Eine besondere, die Zelllage umgebende Scheide ist entschieden nicht vorhanden.

Die Pericardialzellen zeigen, sowohl was Form, Grösse und allgemeine Beschaffenheit anlangt, als auch betreffs ihres gegenseitigen Zusammenhanges sehr bedeutende Modificationen, welche sich aber leicht aus einander ableiten lassen.

In den wenigsten Fällen sind die Zellen rundlich und lose neben- und übereinander angeordnet, meist kommt es zu einer innigen Verbindung und zwar entweder ohne wesentliche Modification ihrer Form zur Entwicklung von perlschnurartigen Strängen, die zumeist parallel mit den Ausbreitungen der Flügelmuskeln verlaufen oder es nehmen die einzelnen Zellen oder richtiger die durch fortgesetzte aber unvollkommene Theilung entstandenen Zellfusionen die Gestalt von bandartigen Streifen oder, bei noch weitergehender Zelltheilung die von lappenförmigen Complexen an, wobei die Selbständigkeit der Zellen endlich völlig verwischt wird.

Es muss aber gleich bemerkt werden, dass man nicht selten sämmtlichen der aufgezählten Verhältnisse in einem einzigen Individuum begegnet.

Den wesentlichsten morphologischen Charakter aller Pericardialzellen erkenne ich in der unbestimmten Anzahl ihrer Kerne und in der bereits angedeuteten Tendenz zur ungleichmässigen Theilung.

Zumeist isodiametrische und völlig isolirte Zellen von ziemlich übereinstimmender Form traf ich gewöhnlich bei den Käfern, z. B.

Silpha, theilweise bei Carabus violaceus, Adimonia, Dorcus, Melolontha, Scarabaeus etc.

Unter den Orthopteren schliesst sich in Betreff der Pericardialzellen Forficula nahe an die Käfer an; während bei den Grillen und Locustiden in der Regel strangförmige Bildungen getroffen werden. Eine grössere Anzahl isolirter Zellen findet sich nur bei Thamnotrizon vor.

Die Hymenopteren zeigen keineswegs ein gleiches Verhalten. Während z. B. die Ameisen durch ihre vorherrschend isolirten Zellen mehr an die Käfer erinnern, finden wir bei den Apiarien und Vesparien bald vorherrschend Stränge (Apis und Bombus) bald lappenförmige Zellcomplexe (Osmia).

Am Weitesten von der ursprünglichen Gestalt haben sich die Pericardialzellen mancher Lepidoptera (z. B. Saturnia pyri) entfernt, wo es unter gleichzeitigem Verschwinden der Kerne zur Entwicklung von streifenartigen Zellfusionen gekommen ist, die mit solchen, wo die Zellgrenzen durch Einkerbungen angedeutet sind, sowie mit völlig noch selbständig gebliebenen Zellen abwechseln (Fig. 22).

Die Grösse der Pericardialzellen ist sowohl bei den verschiedenen Arten, als bei einem und demselben Individuum sehr variirend und steht mit der Grösse der Thiere in keinem näheren Verhältnisse. Zellen von nahezu gleicher Grösse finden sich nur bei wenigen Formen und zwar vorzugsweise bei Käfern, z. B. Silpha, Carabus, Melolontha, dann bei Musca carnaria. Der mittlere Durchmesser mag auf 0.05 mm. geschätzt werden. Auffallend gross (0.1 mm.) sind die Pericardialzellen von Silpha, Carabus cancellatus, Dorcus, verhältnissmässig klein sind sie bei den Hymenopteren (Formica, Apis 0.03—004 mm.). — Sehr auffallende Schwankungen finden sich bei den Orthopteren mit Ausnahme der Forficula, deren Zellen einen sehr kleinen Durchmesser besitzen.

Der von einer deutlichen Membran umschlossene Inhalt der Pericardialzellen besteht aus einer bald fein-, bald grobkörnigen Masse, in der gewöhnlich mehrere Kerne eingebettet sind. Das Protoplasma ist durchgehends ziemlich intensiv gefärbt. Am häufigsten grünlichgelb oder blassgelb (z. B. bei allen, auch von animalischer Kost lebenden Orthopteren, dann bei den grasfressenden Käfern, wie Adimonia und den Apiden). Eine vorherrschend bräunlichgelbe Färbung zeigen diese Zellen bei den carnivoren

Käfern (z. B. Silpha, Carabus, Ocypsus, Scarabaeus), ebenso bei den Musciden. Intensiv ziegelroth gefärbte Zellen fand ich bei Schmetterlingen (z. B. Vanessa urticae, Pieris brassicae u. A.); die Raupen dieser Thiere scheinen dagegen zumeist grünlichgelbe Pericardialzellen zu besitzen.

Inwieweit die Färbung unserer Zellen von den in der eingenommenen Nahrung enthaltenen Pigmenten herrühre, ist nicht leicht zu sagen, doch scheint es mir nicht unwahrscheinlich, dass speciell die grüne Färbung bei manchen herbivoren Insecten aus dem Chlorophyll stamme.

Erwähnt sei nur noch, dass die Pigmentirung der Pericardialzellen und jene des Blutes durchaus nicht immer übereinstimmen, wie sich das z. B. bei Vanessa und Thamnotrizon zeigt.

Ein nicht uninteressantes Verhalten bieten die Kerne der Pericardialzellen. Bei manchen Insecten ist die Zahl derselben ganz constant. So findet man bei Musca carnaria fast durchgehends einen einzigen Kern (Fig. 14 D); ausnahmslos zwei Kerne bei Melolontha. Bei anderen Species wechselt die Zahl der Kerne einer Zelle von 1—8, wobei die letztere ihre rundliche primäre Gestalt noch beibehalten kann (Dorcus). Am häufigsten findet man allerdings zwei Kerne. So bei den Orthopteren und bei den Käfern.

Die verschiedene Anzahl der Kerne wird man sich am einfachsten wohl in der Weise erklären, dass, bei den einzelnen Species so gut wie innerhalb eines und desselben Individuums, die primären einkernigen Pericardialzellen, denen im allgemeinen auch der kleinste Durchmesser zukommt, durch unvollkommene Theilung unter gleichzeitiger Vergrösserung ihres Volumens in mehrkernige Zellfusionen sich umwandelten, wobei aber der Divisionsprocess bald früher, bald später unterbrochen wurde. Mit dieser Darstellung stimmt auch die Thatsache überein, dass man bei Larven (z. B. Phryganea, Ephemera, Tenebrio) selten eine grössere Anzahl von Kernen vorfindet und dass dort die Zellen überhaupt selten sich in Zellfusionen umgewandelt haben (Fig. 13). Die Grösse der Kerne steht meist mit der Anzahl derselben in einem umgekehrten Verhältnisse. Sehr bedeutend ist dieselbe z. B. bei Silpha und Melolontha, bekanntlich regelmässig durch wenige Kerne ausgezeichnet, nämlich 0.02 mm. Ganz auffallend klein dagegen bei den Hymenopteren,

z. B. bei Apis, Formica, deren Pericardialzellen acht Kerne und darüber zählen. Der Durchmesser beträgt hier ungefähr 0.003 mm. Bei den untersuchten Geradflüglern schwankt die Grösse der Kerne zwischen 0.005 und 0.01 mm.

Die Gestalt des Kernes ist wechselnd, zumeist kreisrund, häufig auch oval, elliptisch, sogar spindelförmig.

Eine Membran scheint durchaus vorhanden zu sein. Das Aussehen ist entweder homogen oder feinkörnig.

Oft heben sich die Kerne durch starke Pigmentirung von der Umgebung ab, während sie in zahlreichen anderen Fällen durch den Zellstoff verdeckt werden und erst durch Reagentien zum Vorschein kommen.

Kernkörperchen sind in den wenigsten Fällen an den frischen Zellen sichtbar, und können häufig nicht einmal mit Essigsäure und anderen Mitteln demonstrirt werden. Manche Pericardialzellenkernen enthalten offenbar mehrere Kernkörperchen (so bei Adimonia, Stenobothrus).

Ein ganz abweichendes Verhalten zeigen uns bezüglich der Kerne die Hymenopteren, indem dieselben auch an den frischen Zellen mit seltener Schärfe als stark lichtbrechende, gelblichglänzende Kügelchen sich darstellen. Sehr schön sieht man die Kerne sammt den Kernkörperchen auch bei den Larven der Netzflügler (Fig. 13).

Zum genaueren Studium der Pericardialzellen habe ich mich mit vielem Vortheile verdünnter Säuren, insbesondere Essigsäure, Chromsäure, sowie der Carmintinction bedient. Als gute Conservirungsflüssigkeit erweisen sich Jodserum und Müller'sche Flüssigkeit. Auch die mit Leim injicirten Herzen zeigten schöne Verhältnisse. Wasser verändert unsere Zellen sehr schnell, sie blähen sich sammt dem Kerne stark auf und verlieren meist ihre Pigmentirung. Auch Essigsäure wirkt meist entfärbend ein (vgl. Fig. 9 sammt Erklärung der Abbildungen).

Bei stundenlangem Liegen in siedendem Wasser verändern sich unsere Zellen sehr wenig, die Kerne erscheinen ganz homogen, stark glänzend (Melolontha). Es erfolgt auch keine Auflösung, wenn sie früher längere Zeit mit Essigsäure in Berührung waren. Im Gegensatz zu den „eingesprengten" Zellen widerstehen ihre Kerne aber nicht den Alkalien.

Betreffs der Verbindung der Pericardialzellen untereinander, als

auch mit den benachbarten Geweben, wurde schon früher das Nothwendige gesagt. Bei einzelnen Insecten, z. B. Musca, Phryganea, vielen Orthopteren konnte ich indess bisher keinerlei solche Bindegewebsstränge auffinden, wie sie in so ausgezeichneter Weise bei vielen Käfern, insbesondere bei Melolontha, sowie bei den Lepidopteren (Saturnia) und bei den Hymenopteren vorkommen. Hier geschieht die Befestigung ohne Zweifel hauptsächlich durch ein den Pericardialraum durchziehendes Tracheennetz. Die über dem Herzrohre liegenden Zellen sind zumeist unmittelbar an der dorsalen Hautdecke, sowie an den dort befindlichen Muskelfasern befestigt[1]).

Fettkörper s. str. Soweit meine Untersuchungen reichen, stellt der Fettkörper der Insecten im engeren Sinne dieses Wortes zwei Modificationen dar; entweder besteht er aus deutlichen Zellindividuen, oder er bildet ein aus verschieden gestalteten und meist fettführenden Follikeln zusammengesetztes Balkengerüste, an dem keinerlei Zellgrenzen mehr wahrnehmbar sind.

In der Mehrzahl der Fälle, aber nicht immer, lässt sich übrigens nachweisen, dass die letzteren Modificationen aus der ersteren hervorgehen, wobei sich die Kerne der primären Fettzellen permanent erhalten können.

Einen deutlich zelligen Fettkörper findet man unter den Insecten z. B. bei den Apiden, wo er meist guirlanden- oder rosenkranzähnliche Stränge bildet. Bei Osmia z. B. sind es 0.04 mm. grosse Zellen, erfüllt mit zum Theil sehr grossen Fetttröpfchen und einem 0.09 mm. grossen Kerne. Dagegen sind die Fettkörperzellen von Apis mellifica ohne mikroskopisch nachweisbares Fett, von dunkelkörnigem Aussehen und enthalten keinerlei Kerngebilde[2])

---

1) Hinsichtlich der am Herzen angelagerten Zellen gewisser Insectenlarven, z. B. Musca, Corethra vergl. ausser Weissmann's citirter Abhandlung noch Leydig's „Anatomisches und Histologisches über die Larve von Corethra plumicornis" Zeitschr. f. wiss. Zoologie. 3. Bd. p. 435, Fig. 3, Tafel 16. Mit Ausnahme der geringen Kernanzahl und des Umstandes, dass die grossen Ausläufer der sogen. birnförmigen Körper continuirlich in die Flügelmuskeln übergehen, würden die letzteren ohne weiteres den Pericardialzellen des Maikäfers an die Seite gestellt werden können.

2) Vergl. Fig. 1a in meinem vorläufigen Berichte über den propulsatorischen Apparat der Insecten.

Eine ungleich grössere Verbreitung als der zellige Fettkörper hat der lappige und traubenförmige, wie wir ihn z. B. bei den meisten Dipteren, Hemipteren, Lepidopteren, Coleopteren und Orthopteren und einigen Hymenopteren, z. B. Sirex, antreffen. Bei den Orthopteren (z. B. Ephippigera) enthält derselbe in den einzelnen Lappen eine meist ziemlich grosse Anzahl von kreisrunden, grobkörnigen oder (Saturnia pyri) ganz hellen Kernen eingebettet (Fig. 12 F) in einem feinkörnigen von zahlreichen Fetttröpfchen durchsetzten Protoplasma. Letztere geben dem Fettkörper bei auffallendem Lichte ein dunkles, mitunter gegittertes Aussehen. Auch bei den Käfern besteht der Inhalt der Fettkörperlappen zumeist aus sehr winzigen Fetttröpfchen.

Bei Adimonia tanaceti sind die Fetttröpfchen pomeranzengelb und geben dem ganzen Fettkörper ein gleiches Aussehen. Die zwischen den Fettmassen ziemlich regelmässig vertheilten Kerne (Fig. 11**ab) zeigen nach Essigsäure-Behandlung eine deutliche Membran (c) und einen grossen, grobkörnigen Nucleolus.

Bei den Dipteren enthält der Fettkörper oft wenig freies Fett, aber stets deutliche Kerne. Bei Musca carnaria (Fig. 14) sind dieselben von ellipsoidischer Gestalt und haben ein homogenes, gelbliches Aussehen. Durch Behandlung mit Chromsäure lassen sich deutlich zwei kreisrunde homogen erscheinende 0,0023 mm. grosse Kernkörperchen nachweisen (E). Im Gegensatz zu den genannten Thieren haben z. B. die Pediculinen in den Fettfollikeln niemals Kerngebilde.

Ausgezeichnet schöne und ausserordentlich zahlreiche Krystalle harnsaurer Verbindungen findet man im Fettkörper von Pieris brassicae.

Eingesprengte Zellen. Dass ausser den fettführenden Zellen und Follikeln des corpus adiposum im weiteren Sinne des Wortes noch eine zweite Art von zelligen Elementen vorkommt, ist schon längst bekannt und hat in neuerer Zeit besonders Landois auf diese aufmerksam gemacht. Die physiologische Bedeutung, die der Letztgenannte unseren Zellen gibt und die durchaus nicht meine Billigung findet, veranlasst mich die diesbezüglichen Beobachtungen hier in Kürze mitzutheilen. Dieselben betreffen zumeist die Käfer, Heuschrecken, Bienen und Netzflügler.

Bei Ephippigera und anderen Locustiden sind die betreffenden Zellen, wie überall, in enger Verbindung mit dem eigentlichen Fett-

körper, indem sie in verschiedenen Abständen zwischen die Lappen desselben sich legen. Vom Fettkörper unterscheiden sie sich zumeist durch ihre rundliche Gestalt, durch die abweichende Farbe, — bei Ephippigera sind sie gelb, — sowie durch den Besitz eines einzigen, meist sehr grossen Kernes (Fig. 12, z). Durch den letzteren lassen sie sich auch sehr leicht von den echten Pericardialzellen unterscheiden. Am auffallendsten ist das bisher ganz übersehene chemische Verhalten. Sie werden nämlich in kochender verdünnter Essigsäure und selbst in kochender verdünnter Kalilauge nicht aufgelöst. Wenigstens gilt das von der Membran der Zellen- und jener des Kernes, welche stets intact zurückbleiben. Auch der concentrirten Natronlauge widerstehen sie tagelang. Bei Platycleis sind die isolirten Zellen bei 0.07 mm. und ihr Kern meist ungefähr 0.023 mm. gross.

Ein Aussehen wie bei den Locustiden haben die „eingesprengten" Zellen unter den Käfern, z. B. bei Scarabaeus. Sie sind kreisrund, bei 0.07 mm. gross, grobkörnig, gelb, und haben einen Kern von 0.02 mm. Durchmesser. Auch sie werden durch kochende Essigsäure nicht zerstört. Bei Apis, Vespa, Bombus und den Hymenopteren (vergl. vorl. Bericht. Fig. 1b) liegen unsere Zellen oft in ziemlich weiten Abständen zwischen den Zellen des eigentlichen Fettkörpers, von denen sie durch ihre beträchtlich geringere Grösse, wie durch ihre grüne Pigmentirung scharf abstechen. Ihr Durchmesser beträgt 0.05 mm., jener des Kernes 0.017 mm.

Eine ganz auffallende Grösse haben die isolirten Zellen bei der Larve von Phryganea striata (Fig. 12*). Sie messen im Durchmesser 0.15 mm. Ihre Farbe ist gelblichbraun, der Kern von ähnlicher Gestalt wie die Zellen selbst, entweder kreisrund oder oval.

Ein Anschluss an die betreffenden Bildungen der Pediculinen ist hier dadurch gegeben, dass sie mittelst langer Stielchen im umgebenden Gewebe sich befestigen; dabei wird, wie es scheint, die Zelle von einer Art tunica propria überzogen, die sich auch in den dünnen Stiel derselben fortsetzt. Am meisten scheint mir gegen Landois und Anderer Ansicht betreffs der vorwiegend respiratorischen Function dieser Zellen der Umstand zu sprechen, dass dieselben im Vergleich zum Fettkörper und den Pericardialzellen wenig zahlreich sind und auf ihnen durchaus keine reichlichere Tracheenverzweigung bemerkt, ja im Gegentheil, bei den Orthopteren häufig geradezu vermisst wird.

Ohne Zweifel haben wir es hier mit eigenartigen einzelligen Drüsen zu thun, über deren Secret allerdings noch nicht das Geringste bekannt ist.

Tracheen. Das Verhalten der Luftgefässe in der Herzgegend wurde nur bei einigen Orthopteren, Coleopteren und Neuropteren studirt.

Von nicht zu unterschätzender physiologischer Bedeutung erscheint mir der Umstand, dass der Pericardialsinus ausserordentlich reich mit Luftgefässen versehen ist, und dass speciell die Pericardialzellen ein sehr dichtes Tracheennetz empfangen. Bei Locusta, Decticus, Ephippigera und anderen Locustiden ist insbesondere daran zu erinnern, dass die in die Herzgegend führenden Tracheen an Volumen bedeutend die Gefässe anderer Bezirke übertreffen. Von den Stigmen entspringen hier (Fig. 1 T) kurze, ziemlich dicke Röhren, die sich nach kurzem Verlaufe in zwei sehr weite, bandartige Aeste spalten. Dieselben verlaufen an der Rückenwand, die sie fast ganz bedecken, direct zum Pericardialsinus und zwar in der Weise, dass die beiden Aeste eines Segmentalgefässes sich auf zwei Metameren vertheilen. Unweit des Insertionspunktes der Flügelmuskeln spaltet sich wieder jeder Ast in drei verhältnissmässig kleine Zweige, von denen der mittlere (Th) direct, unterwegs zahlreiche Zweige an die Pericardialzellen ausschickend (Fig. 17 T') zu den Ostien verläuft, um das Rückengefäss mit Zweigen zu versehen (Fig. 17 T). Die zwei übrigen Aeste stellen, nach der Längsaxe sich erstreckend, zwischen den einzelnen Metameren-Querästen Längsbrücken her (Fig. 1 T l), so dass es zu einer Art unregelmässigen Pericardiallängsstammes kommt. Bei Locusta und Platycleis habe ich ausserdem noch einen über dem Rückengefässe verlaufenden Längsstamm beobachtet, der mittelst der Querausläufer der gabelförmigen Tracheen in Verbindung steht.

Der pericardiale Tracheenverlauf der Acridier (z. B. Stenobothrus pratorum Fig. 26) lässt sich leicht auf den der Locustiden zurückführen. Der Hauptunterschied ist nur, dass hier die grosse Metameren-Tracheengabel der Locustiden viel weniger entwickelt ist und dass deren Zinken (b), stark von einander divergirend, mehr parallel der Längsaxe, als der Queraxe verlaufen, sowie dass die betreffenden Aeste ein vergleichsweise ganz geringes Kaliber haben. Eine Compensation hierfür bietet sich durch die in

den ungetheilten Querästen (a) eingeschalteten Blasen, die den Locustiden gänzlich mangeln. Auch kommt es bei den Acridiern öfters zur Bildung von Pericardiallängsstämmen. — Als eine Modification der querlaufenden Herzstämme der Laubheuschrecken (Fig. 1 Th) sehe ich bei den Acridiern die über dem Rückengefässe verlaufende Brücke (c) an, von der kleinere Aeste an das Herz abgegeben werden.

An das dorsale Tracheennetz der Acridier lässt sich mühelos jenes der Phryganiden- und Ephemeriden-Larven anreihen. Insbesondere bei den ersteren (einen schönen Ueberblick gewähren eben aus dem Ei gekrochene Larven)[1]) kommt es zur Bildung von zwei mit den eigentlichen Hauptlängsstämmen parallel verlaufenden, doch dem Herzen näher liegenden Gefässen, die sich ganz schön auf die Gabeläste der Locusta zurückführen lassen, so gewaltig auch auf den ersten Blick der Unterschied erscheinen mag.

Aus dem dorsalen Tracheennetz der Acridier können wir auch jenes der Carabiden ableiten (Fig. 25), indem wir uns die Querbrücken (Fig. 26 c) verkürzt und dem entsprechend die Gabeläste der queren Segmentaläste einander bis zur Berührung genähert denken.

Eine von den übrigen Orthopteren ziemlich abweichende Bildung beobachtete ich bei den Blattiden (Blatta orientalis). Es bleibt namentlich fraglich, ob die Hauptlängsstämme (d) mit den Gabelbildungen der früher genannten Thiere verglichen werden dürfen.

Bedeutungsvoll in functioneller Beziehung erscheint mir das Auftreten nahezu blasenartiger Auftreibungen der von diesen Längsstämmen zum Herzen hintretenden Aeste, welche beim Pericardial-Zellengewebe angelangt, in ein dichtes Netz sich auflösen. Als charakteristisch für diese Gruppe müssen auch die stark nach hinten gebogenen Querbrücken unmittelbar über dem Rückengefäss angesehen werden.

Durch die Gabelung der queren Metamerentracheen an die Locustiden, und durch die stärkeren nach vorn gerichteten bogenförmigen Commissuren an das Verhalten bei Blatta erinnert uns

1) Vergl. meine künftige Arbeit: Beobachtungen und Reflexionen über die Beziehungen des offenen und geschlossenen Tracheensystems gewisser Neuropteren.

der dorsale Tracheenverlauf von Dytiscus marginalis (Fig. 27), wo es auch in der Region der Pericardialzellen zu einer ausserordentlich reichen Entfaltung des Tracheennetzes kommt.

Betreffs etlicher Schmetterlingsraupen (Smerinthus, Eupre-pia), bei denen bekanntlich die Tracheen überhaupt von einer sehr geringen Entfaltung und Ausdehnung sind, will es mich doch dünken, dass gerade die Pericardialregion verhältnissmässig sehr reichlich damit versehen ist.

b) Physiologisches.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel mehr, dass wir die eigentlichen Respirationsherde der Tracheaten in den letzten feinsten Ausläufern der Luftgefässe und vor allem in dem damit zusammenhängenden, im Blute gewissermaassen schwimmenden Zellgewebe zu suchen haben.

Wenn man nun die Frage anregt, in welchen Bezirken des Insectenleibes vorzugsweise der Austausch von Sauerstoff und Kohlensäure unterhalten wird, so hat man jedenfalls an jene zu denken, wo am meisten freies Zellgewebe angehäuft ist.

Dass dies aber gerade, wenigstens bei den ausgebildeten Insecten, im Pericardialsinus der Fall ist, scheint mir wenig zweifelhaft. Das Herz liegt in einem förmlichen Kissen von Zellen, die in der That der Respiration eine riesige Fläche darbieten. Vor allem ist aber bekanntlich das Gewebe der Pericardialzellen überwiegend, und es erscheint mir daher nicht unwahrscheinlich, dass wir gerade in diesem specifische Respirationsorgane zu suchen haben.

Dafür spricht insbesondere der Umstand, dass man deutlich den Uebergang zahlreicher Tracheenendigungen in diese Zellen studiren kann, wobei die Peritonealhaut mit der Zellmembran und die Matrix der in der Nähe der Zellen verschwindenden Intima continuirlich in den Zellinhalt übergeht, wie das insbesondere an Chromsäurepräparaten herrlich hervortritt (Fig. 11).

Zu Gunsten unserer Anschauung, nach welcher also das Pericardialgewebe einen ganz hervorragenden Antheil an der Respiration nähme, darf man wohl auch die früher mitgetheilte Thatsache, dass in diese Region ausnehmend viele und voluminöse Tracheenäste führen, anführen.

Nach der gewöhnlichen Annahme, dass die Athmung der Insecten allerorts vor sich ginge, würde nirgends ein beträchtlicher Unterschied von venösem und arteriellem Blute bestehen können. Anders läge die Sache, wenn meine Ansicht nichtig wäre.

Danach würde das vorwiegend venöse Blut, welches durch die Lücken des Pericardialseptum in die Interstitien des pericardialen Zellgewebes eintritt, dort in arterielles umgewandelt, um dann durch die Ostien in das Herzrohr einzutreten. Das Rückengefäss der Insecten würde sich dann gleich dem Centralorgane der höheren Krebse als ein wahres arterielles Herz, und der von demselben vorn entspringende Stiel als eine echte Aorta erweisen.

Ich weiss wohl, dass unserer Auffassung die Thatsache gegenübersteht, dass auch andere Leibesbezirke sehr reichlich Tracheen und daran haftendes Zellgewebe aufweisen, und dass so auch ihnen ein gewisser Antheil an der Athmung nicht wohl abgesprochen werden kann. Trotzdem erscheint es mir nicht unwahrscheinlich, dass während des Eintritts des Blutes in den propulsatorischen Apparat eine erneute und ausgiebigere Auffrischung der Blutflüssigkeit stattfindet.

Einen ganz analogen Fall haben wir zweifelsohne ja auch bei solchen, zumeist niederen und im Wasser lebenden Thieren, die mit mehr oder weniger localisirten Athmungsapparaten ausgestattet sind und gleichwohl durch das gesammte Körperintegument respiriren.

Tabelle

zur Morphologie des propulsatorischen Apparates der Insecten.

(Grössenangaben in Millimetern.)

Name des Thieres.	Ringmuskeln des Herzens.		Flügelmuskeln.		Stammmuskeln.		Pericardialzellen.		
	Breite d. Disc.	Länge d. Disc.	Breite d. Disc.	Länge d. Disc.	Breite d. Disc.	Länge d. Disc.	Durchm. d. Zellen.	Durchm. der Zellkerne.	Färbung.
Ephippigera vitium	0.024	0.0008	0.009	0.0055	0.017	0.004	0.07	0.008	gelblichgrün
Locusta viridissima	0.03	0.001	0.012	0.01	—	—	—		»
Platycleis grisea	0.032	0.002	0.002	0.02	—	—	—		»
Odontura Fischeri	0.03	—	—	—	—	—	—		»
Decticus verrucivorus	—	—	—	—	—	—	0.07	0.008	»
Stenobothrus pratorum	0.025	—	0.014	—	0.024	0.005	0.06	0.01	gelblich
Caloptenus italicus	0.02	—	—	—	—	—	—	—	gelblichbraun(?)
Pachitulus stridulus	—	—	—	—	—	—	0.07	—	»
Stetheophyma grossum	—	—	—	—	—	—	0.05	0.013	—
Forficula auricularia	0.012	—	—	—	—	—	0.03	—	gelblich
Melolontha vulgaris	0.018	0.003	0.007	0.007	—	—	0.07	0.021 *) 0.006	»
Dorcus parallelopipedus	0.008	0.003	0.006	0.008	—	—	0.09	—	»
Ocypus similis	—	—	0.001	0.006	0.035	0.005	—	—	—
Colymbetes fuscus	—	—	0.008	—	0.02	—	—	—	—
Lucanus cervus	0.01	0.002	0.01	0.009	0.028	0.004	—	—	—
Scarabaeus stercorarius	—	—	—	—	0.04	0.0025	0.035	—	gelblich
Sylpha atrata	—	—	—	—	—	—	0.1	0.02	gelbbraun
Carabus cancellatus	—	—	—	—	—	—	0.09	—	»
Adimonia tanaceti	—	—	—	—	—	—	0.05	—	grünlichgelb
Formica rufa	—	0.0018	—	—	0.02	0.003	0.03	0.003	—
Apis mellifica	0.018	—	0.025	0.004	—	—	0.035	—	gelblich
Xylocopa violacea	—	—	—	—	—	—	0.035	—	gelblichbraun
Musca vomitoria	—	—	—	—	—	—	0.035	0.0085	gelblich
Venessa urticae	—	0.001	0.014	0.0035	—	—	0.07	—	ziegelroth, ebenso Pieris.

V. Physiologische Experimente.

Meine Untersuchungen beziehen sich zunächst auf die Agilität des Rückengefässes nach der Oeffnung des betreffenden Thieres.

Die Resultate sind hier ausserordentlich verschieden, ohne dass ich im Stande wäre, den Grund hiervon anzugeben.

Schneidet man die Rückenhaut eines Maikäfers, einer Cetonia oder einer grösseren Heuschrecke an der Grenze zwischen Abdomen und Thorax und ferner an den seitlichen Gelenkhäuten durch, zieht sodann die so isolirte abdominale Rückenplatte herunter, so steht das Herz entweder augenblicklich still oder es zieht sich noch längere Zeit regelmässig zusammen. Interessant ist die Thatsache, dass das Herz zuweilen nach längerem Stillstand die rhythmischen Bewegungen wieder aufnimmt.

Betreffs der Abnahme der Schläge am isolirten Herzen machte ich mir folgende Notizen:

Melolontha vulgaris	Nr. 1	5 h	7 m	44	Schläge	per Minute
		„ 15	„ 30	„	„	„
		„ 22	„ 24	„	„	„
„	Nr. 2	4 h	2 m	56	„	„
		„ 9	„ 65	„	„	„
		„ 21	„ 9	„	„	„

Aus der letzteren Versuchsreihe ergibt sich die Thatsache, dass die Contractionen am losgetrennten Herzen zunehmen können; Aehnliches kann man auch am elektrisirten Herzen gelegentlich wahrnehmen.

Ausserordentlich lebenskräftig zeigte sich das Herz eines Maikäfers, das im völlig isolirten Zustande zwei volle Stunden lang pulsirte.

Die Berührung mit fremdartigen Flüssigkeiten, Wasser mit eingeschlossen, sistirt in der Regel die Herzcontractionen momentan, indess pulsirte ausnahmsweise das mit Jodtinctur gewaschene Herz einer Honigbiene noch fast eine viertel Stunde.

Eine merkwürdige Erscheinung ist die, dass Insecten, deren Herz zum Theil oder auch gänzlich zerstört wird, noch sehr lange am Leben bleiben können.

So machte eine männliche Cetonia aurata, der am 10. Mai das Herz vorne an der Aorta durchschnitten wurde, am 14. Mai Anstalt

zur Copulation, indem es ein ♀ bestieg, mit demselben herumspazierte und den Penis weit hervorstreckte. Dasselbe Thier starb erst nach 7 Tagen.

Eigentliche Experimente wurden angestellt betreffs des Einflusses der Wärme und der Elektricität.

a) Thermische Versuche.

Dass die Zahl der Herzschläge der Insecten, abgesehen von dem jeweiligen Grad ihrer Entwicklung, der Rapidität der allgemeinen Körperbewegungen und insbesondere des Fluges auch von der herrschenden Temperatur abhängig sei, wussten schon die alten Entomologen[1]); regelmässige Versuche wurden indess meines Wissens noch niemals unternommen.

Ganz vortreffliche Objecte für derlei Studien bieten uns die bekanntlich im Wasser lebenden Larven mancher Phryganiden, an denen man, wegen der Zartheit der dorsalen Cuticula die Pulsationen des Herzens äusserlich prächtig sehen kann.

Zu meinen Untersuchungen wurden durchgehends ausgewachsene Larven der Phryganea striata verwendet.

Ich gab dieselben in eine mit Wasser gefüllte Glasschüssel, in welcher ein Thermometer befestigt wurde. Aus zwei daneben stehenden, mit Hähnen verschliessbaren Gefässen konnte ich nach Belieben sehr kaltes oder heisses Wasser in das Gefäss einfliessen lassen und so die Temperatur des darin befindlichen Wassers nach Wunsch reguliren.

Zur Fixirung der Untersuchungsobjecte kann man sich entweder einer Pincette bedienen, mit der man das Thier am Thorax festkneipt, oder man schiebt Letzteres in eine enge Glasröhre. Die Ergebnisse einiger Versuchsreihen stelle ich kurz in einer Tabelle zusammen, wobei die der Zahl der Herzschläge (per Minute) angehängten klein gedruckten Zahlen die Zeit des Versuchs andeuten.

1) Vergl. hierüber Burmeister und Kirby.

Temperatur in Reaumurgraden.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20 s. unt.
Zahl d. Herzschläge. Thier Nr. 1.	9[1])9,0	129,6		1711,10	179,10 1711,8	189,4		229,30 2011,5		239,34
Zahl d. Herzschläge. Thier Nr. 2.	285,25	301,20	344,40							395,2
Zahl d. Herzschläge. Thier No. 3.										
Mittlere Zahl der Herzschläge.	18	21		24			25			26

[1]) 9 Herzschläge um 9 Uhr 0 Minuten.

Temperatur in Reaumurgraden.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Zahl der Herzschläge. Thier Nr. 1.	3611,0			339,40 3011,4	3811,2		463,8		503,4		
Zahl der Herzschläge. Thier Nr. 2.	405,0		521,57		555,10		604 ,55		705,0		765,18
Zahl der Herzschläge. Thier Nr. 3.			683,15	733,12	743,8		803,4		803,24	843,30	
Mittlere Zahl der Herzschläge.	33		56		53		61	70	70	73	76

In allgemeinerer Weise lassen sich die Resultate der ausgeführten Versuche folgendermaassen zusammenstellen.

1. Wird die Temperatur des Medium während der Dauer von beiläufig einer Stunde von 11° bis auf 30° langsam erhöht, so nimmt die Zahl der Herzschläge (per Minute) beständig zu, aber ungleichmässig, insofern auf die erste 10° umfassende Temperatursteigerung nur ein Plus von 15 Schlägen per Minute fällt, während eine weitere Zunahme der Temperatur um 10° eine Beschleunigung der Herzcontractionen um 47 Schläge per Minute bewirkt.

2. So oft die Temperatur des Medium, innerhalb einer gewissen beschränkten Zeitperiode, z. B. einer halben Stunde, denselben Stand zeigt, ist auch die Zahl der Herzschläge eine nahezu übereinstimmende, und das gilt selbst für den Fall, dass die Temperaturen sehr rasch wechseln.

3. Wirkt auf das Thier längere Zeit eine die normale (sagen wir 12° R.) übersteigende Temperatur ein, so wird die Zahl der Herzschläge allmählich verringert.

4. Die Larve der Phryganea striata kann Temperaturen über 32° R. nicht vertragen. Wird das Wasser bis zu dieser Höhe allmählich oder plötzlich erwärmt, so hören die Herzcontractionen ganz plötzlich auf und das Thier verendet; eine schleunige oder successive Verminderung der Temperatur vermag das Herz nicht wieder in Thätigkeit zu versetzen.

b) Elektrische Versuche.

Zum Zwecke der Elektrisirung wurde das Herz auf folgende Weise präparirt.

Ich schnitt nach dem früher angegebenen einfachen Verfahren die ganze abdominale Rückenplatte herunter und befestigte dieselbe mittelst zweier Nadeln auf einem Wachstäfelchen derart, dass die eine Nadel durch das vordere, die andere durch das hintere Ende des Rückengefässes gestochen wurde. Mitunter löste ich die Rückenplatten nur hinten und seitwärts ab und schlug dann den freien Lappen über den Thorax zurück und befestigte ihn am Kopf mit einer Nadel. Das Ergebniss der Elektrisirung ist aber in beiden Fällen dasselbe.

Selbstverständlich kann man zu derartigen Experimenten nur

grössere Thiere und überhaupt nur solche brauchen, die in grösserer Menge zu Gebote stehen, da bei vielen Individuen das Herz gleich nach dem Oeffnen des Rückens zu pulsiren aufhört und daher für weitere Experimente nicht mehr geeignet ist.

Als ein vortreffliches Object kann ich den Maikäfer empfehlen, auf den sich auch ausschliesslich meine Beobachtungen beziehen.

Zur Elektrisirung wurde ein dem Rhumkorff'schen ähnlicher kleiner Inductionsapparat verwendet, der vermittelst einer Smee'schen Kette, bestehend aus 6 Elementen, in Thätigkeit versetzt wurde.

Die Wirkung des inducirten Stromes war so stark, dass man die bekannten Messingcylinder an den Enden der Polardrähte nur wenige Minuten in den unbefeuchteten Händen halten konnte.

Die Polardrähte wurden mit den erwähnten zwei Nadeln in Verbindung gesetzt, und die längere Unterbrechung des Hauptstromes durch einen besonderen Stromwechsler hergestellt.

Von den angestellten Versuchen, die im Ganzen und Grossen alle dasselbe Resultat ergaben, führen wir nur drei an.

Versuch Nr. 1. Die abdominale Rückenplatte wurde hinten und seitwärts abgetrennt, dann über den Thorax zurückgeschlagen und das freie Ende derselben am Kopfe angeheftet.

Bei der Schliessung des Stromes[1]) zogen sich die Längs-Myokommata, sowie das Herzrohr stark zusammen und wurden gleichzeitig die Beine gegen die Bauchseite des Thieres eingezogen.

Nachdem nach 5 Minuten der Schliessungskreis wieder geöffnet wurde, erweiterte sich das Herz und begann sogleich wieder zu pulsiren. (86 Schläge per Minute.) Nach einer abermaligen 5 Minuten währenden Schliessung des Stromes gab das Herz nunmehr 60 Schläge in der Minute.

Bei weiteren Versuchen stand das Herz nach der Schliessung des Stromes nicht immer augenblicklich still, sondern schnürte sich manchmal nur wenig zusammen und pulsirte langsam und schwach etliche Secunden.

Versuch Nr. 2. Nach der Oeffnung des Thieres zeigte das

1) Dabei ist stets der Hauptstrom gemeint, die Zahl der Oeffnungs- und Schliessungsschläge des inducirten Stromes, welche während der jedesmaligen Versuchsdauer auf das Herz einwirkten, ist nicht bestimmt worden.

Herz anfänglich keine Pulsation; dieselbe begann erst nach einer Minute und zwar notirte ich 86 Contractionen.

Bei der Schliessung des Stromes zog sich das Herz sehr stark zusammen. Nach erfolgter Stromöffnung öffnete sich der Herzschlauch zuerst in der Mitte und begann dort anfangs langsamer, später weit schneller als vor der Elektrisirung zu pulsiren. Es wurden in der Minute 96 Schläge beobachtet.

Nach einiger Zeit dehnte sich die Pulsation auf die vordere und hintere Partie des Rückengefässes aus.

Hierauf wurde der Strom abermals auf 20 Secunden geschlossen. Das Herz zog sich stark zusammen und begann erst eine Minute nach der Oeffnung des Stromes wieder zu pulsiren, um nach einer wiederholten Elektrisirung für immer still zu stehen.

Versuch Nr. 3. Nach dem Oeffnen des Thieres gab das Herz 90 Schläge in der Minute. Nachdem der Strom 5 Minuten lang geschlossen war, begann das Herz erst zwei Minuten nach Oeffnung des Schliessungsbogens wieder zu pulsiren, und zwar zählte ich 84 Schläge in der Minute.

Der Strom wurde hierauf ein zweites Mal auf 5 Minuten geschlossen. Nach dem Oeffnen desselben pulsirte diesmal das Herz augenblicklich weiter und zwar 72 mal in der Minute. Nach einer dritten 10 Secunden währenden Schliessung des Stromes pulsirte das Herz noch 68 mal. Nach einem vierten, ebensolange dauernden Versuch zählte ich noch 52 Schläge. Hierauf wurde der Strom ein fünftes Mal und zwar auf 30 Secunden geschlossen.

Nach dem Oeffnen pulsirte das Herz sehr schwach, aber weit schneller als vorher, nämlich 88 mal in der Minute. Eine abermalige Elektrisirung brachte das Herz zum Stillstand [1]).

---

1) Der Einfluss der Elektricität auf die histologischen Elemente des prop. Apparates blieb unbeachtet, sowie auch hier bemerkt sein mag, dass der Verfasser das Studium der Entwickelungsgeschichte des Centralorganes auf eine spätere Zeit aufschieben musste.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. VIII—X.

Taf. VIII. Fig. 1—10

Fig. 1. Dorsaler Theil des Meso- (II) und Metathorax (III) sowie der vier ersten Hinterleibsmetameren (1, 2, 3, 4) von Ephippigera vitium. Serv. Chromsäurepräparat. 8mal vergr. μ Längsmuskel des Mesothorax. H aorta. T quere aus den Stigmen entspringende dorsale Tracheenstämme, welche sich gabeln. Tl Längsbrücken derselben, wodurch beiderseits des Herzschlauches zwei Längsstämme gebildet werden. Th in der Nähe der Ostien (sp) ans Herz herantretende Tracheenzweige (Herztracheen), die auch Zweige für die Pericardialzellen (pz) abgeben. fm Flügelmuskeln des Herzens, zusammen ein unter dem Herzen frei ausgespanntes Septum (Pericardialseptum) bildend. l Metameren-Myokommata, die sich über die Gelenkhäute hinüberspannen.

Fig. 2. Querschnitt durch den mittleren Theil des Abdomen von Stetheophyma grossum ♂ (zuerst in Chromsäure gehärtet und dann in Kreosot aufgehellt). 20mal vergr. R Rücken. B Bauchtheil. Durch das Flügelmuskelseptum (S) wird das Hinterleibslumen in zwei Kammern getheilt; das dorsale Behältniss fungirt als Pericardialsinus, das ventrale enthält die testes (te), den Darm (D), die vasa Malp. (g), den Fettkörper und das Bauchmark (G). In der Mitte der Rückenkammer liegt das Herz (H), umschlossen von Zellen und Tracheen. c Cuticula, m matrix derselben, l Durchschnitte durch die Längsmyokommata. M ein starker Dorso-ventralmuskel (gez. mit d. cam. luc.).

Fig. 3. Querschnitt durch die Rückenkammer von Oedipoda caerulescens Burm. ♀, in Chromsäure gehärtet, mit Kalilauge aufgeweicht, gewaschen und dann mit Carmin tingirt, 40mal vergr. (aber bei 500facher Vergrösserung im Detail studirt). c Cuticula, m matrix mit in der gefärbten Protoplasmalage eingebetteten Kernen, l durchschnittene Längsmyokommata mit den als feine Ringelchen erscheinenden Muskelkörperchen. T longitudinale Tracheenstämme des Blutsinus, fm Flügelmuskeln (unten eine Flächenansicht); nach Oben in das bindegewebige Septum (fs) übergehend.

H Herz, rm Ringmuscularis desselben. s die das Herz an der Rückwand befestigenden Muskeln, die zusammen, als Herzsuspensorium, gleichzeitig einen federnden Apparat vorstellen, pz die einerseits mit den Tracheen, dem Fettkörper und den fadenförmigen oberen Ausläufern des Septum, andererseits mit der Adventitia des Herzens verbundenen Pericardialzellen, welche in Begleitung des echten Fettkörpers und der sogen. eingesprengten Zellen vorwiegend das Lumen der Rückenkammer erfüllen.

Fig. 4. Vereinfachte Darstellung des Blutsinus vom gleichen Thiere. β Herz in der Systole mit dem dachförmigen Flügelmuskelseptum γ. α Herz und δ Septum in der Diastole. Der Raum m bis m_2 gibt die Volumzunahme der Rückenkammer in Folge der Contraction der Flügelmuskeln an.

Fig. 5. Stück des Herzschlauches der Raupe von Euprepia caja. A im frischen Zustand, behandelt mit Müller'scher Flüssigkeit, B mit Essigsäure, 100mal vergr. m musculöse Media, nach Aussen bedeckt von einem längsstreifigen bindegewebigen Stratum, der tunica adventitia a. Durch peripherisch abgehende Faserzüge (ϱ) setzt sich diese in Verbindung einerseits mit den Pericardialzellen und andererseits mit den bindegewebigen Ausläufern des Pericardialseptum. ka spindelförmige Kerne der adventitia, die Längsrichtung der Muskelfäserchen meist unter einem rechten Winkel kreuzend.

Fig. 6. Das Hinterende des Rückengefässes mit den umgebenden Geweben von Stenobothrus lineatus Panz. ♀ von der Dorsalseite aus betrachtet nach Behandlung mit Goldchlorid bei 130maliger Vergrösserung.

l trichterförmiges Ende der über den hintersten Theil des Rückengefässes gestülpten Muskelhaube, m matrix, in welche die Fasern derselben sich einsenken. sp Ostien, Tr zweiflügeliger Muskeltrabekel, bei seiner Contraction als eine Art Verschlussapparat wirksam. fm Das unter dem Rückengefäss ausgespannte Septum, die Interstitien des durch Zerfaserung der Flügelmuskeln (fm') gebildeten Netzes durch reticuläres Bindegewebe (R) ausgefüllt, welches bei R' durch lose Kerne von Pericardialzellen (pz) bedeckt und so ein adenoides Gewebe vorspiegelt. T Tracheenzweig, von dem winzige Ausläufer in die sternförmigen Zellen des Reticulums übergehen. (Die Pfeile geben die Richtung des Blutstromes an.)

Fig. 7. Ein Stück der Rückengefässwandung nebst einer Partie des darunter ausgespannten Septum (fs) von Ephippigera vitium bei 1300facher Vergrösserung.

a tunica adventitia mit schmalen, spindelförmigen Kernen (ka) nach Behandlung mit Salpetersilber. x Stück eines circulären Muskelprimitivcylinders nach Salpetersilber (vorwiegend Primitivfibrillen sichtbar), y nach Kalilauge (scharfes Hervortreten der Disc), z nach Chromsäureeinwirkung (successiver Zerfall der ganzen Faser in die sarcous elements, wobei bald das Längs-, bald das Querbindemittel früher zur Auflösung gelangt.

Fig. 7*. Enden zweier Flügelmuskelfasern mit dem Uebergang in den bindegewebigen Theil des Septum von einer Sylpha bei 700facher Vergrösserung

A im frischen Zustand, gg' vom Perimysium und dem plattenförmigen Bindegewebe abgehende sich häufig gabelnde Fasern, von denen manche zu den Pericardialzellen (pz) treten. B Nach Einwirkung von verdünnter Salpetersäure, z Sarkolemma, in welchem die geldrollenartigen Disc liegen.

Fig. 7**. Eine Partie Balkenwerk von den Flügelmuskeln der Osmia mit dem damit zusammenhängenden lockeren elastischen Netz (e) 150malige Vergrösserung.

Fig. 8. Longitudinale Muskelfasern vom Rückengefäss der Musca vomitoria mit Endigungen von Tracheen und motorischen Nerven (?) nach Einwirkung von 35% Kalilauge. 300malige Vergrösserung.

Fig. 9. Pericardialzellen von Stenobothrus dorsatus Zett. a im frischen Zustand, b nach Wassereinwirkung, c nach Essigsäurezusatz, d nach Karmintinction. 300mal vergr.

Fig. 10. Stück vom bindegewebigen Theil des Pericardialseptum von Ectobia lapponica L. Nach Zusatz von Jodserum. 500mal vergr.

Taf. IX. Fig. 11—16.

Fig. 11. Stück Pericardialseptum mit den Tracheenendigungen (T) in den Pericardialzellen (pz) von Ephippigera vitium Serv. nach Chromsäurebehandlung. m Matrix der Tracheenintima, k Kerne derselben. 300mal vergr.

Fig. 11*. Reticuläres Bindegewebe (R) in Verbindung mit den Tracheen (T) vom Pericardialseptum des Stetheophyma grossum L. 200mal vergr. Alkoholpräparat. Bei a liegen Pericardialzellen und freigewordene Kerne derselben.

Fig. 11**. a Stück Fettkörper von Adimonia tanaceti L. mit den hellen grossen Kernen. Bei b ein solcher stärker vergrössert nach Wasserzusatz, bei c nach Essigsäureeinfluss, wo eine deutliche Membran und grosser Nucleolus sichtbar wird.

Fig. 12. Mit Jodserum behandeltes Präparat aus der Herzgegend von Ephippigera vitium bei 460facher Vergrösserung. Es ist hier dargestellt der Zusammenhang eines durch unvollkommene Theilung aus einer primären Zelle hervorgehenden sog. Pericardialzellenstranges (pz) einerseits mit der adventitia (a) des Rückengefässes (rm) und andererseits mit den Ausläufern der grossen lappigen mehrkernigen Fettfollikel (F) und dem Perimysium der Myokommata (My) und Flügelmuskeln (fm), ferner die continuirlich in die Membran des Fettkörpers übergehende Cutis der äusseren Haut (cu), die ihr nach Aussen anliegende Matrix (m) und Cuticula (c). Z ist eine sog. »eingesprengte« Zelle. F' Fettkörper nach Essigsäureeinwirkung.

Fig. 12*. Eine sog. »eingesprengte« Zelle (sonst Respirationszelle genannt) von der Larve einer Phryganea striata nach Behandlung mit

Kalilauge, wo im grossen hellen Kern mehrere Nucleoli sichtbar werden.

Fig. 13. Stück des Rückengefässes (H) sammt Umgebung, Pericardialzellen Pz und Flügelmuskeln fm, von einer Larve der Phryganea striata nach längerem Liegen in Glycerin. 200 mal vergr.

Fig. 13*. Stück der Herzadventitia (a) und des darunter liegenden bindegewebigen Pericardialseptum (fs) von einem Carabus cancellatus bei 260facher Vergrösserung.

Von der adventitia gehen dünne Balken zu den Pericardialzellen und bis zum Septum hin, die sich ganz nach Art der echten elastischen Fasern verzweigen und Netzbildungen eingehen (b).

Fig. 14. Stück Herz mit dem darüber gespannten hautförmigen Fettkörper (F) von Musca vomitoria. 200mal vergr. nach Behandlung mit Essigsäure-Glycerin.

lm Längs-, rm Ringmuskelfasern des Herzens, fk Kerne des Fettkörpers. E ein solcher Kern, 400 mal vergr., nach Einwirkung von Chromsäure zur Demonstrirung der zwei Kernkörperchen, D eine Pericardialzelle.

Fig. 15. Stück der Herzadventitia einer 55 mm. langen Raupe von Euprepia caja bei 2000 maliger Vergrösserung im frischen Zustande.

Fig. 16. Ein zwischen dem Rückengefäss und der Insertion der Flügelmuskeln herausgeschnittenes Stück Pericardialseptum von Ephippigera vitium, 330mal vergr.

α im frischen Zustand, β nach Salpetersäure, γ nach Alkoholeinwirkung, δ nach Karmintinction, ε nach Behandlung mit Kalkwasser und Färbung der Muskeln mit Salpetersäure und Ammoniak, ζ nach Chromsäure, ϑ nach Behandlung mit Goldchlorid.

pz Die mittelst dorsaler Ausläufer des Septums festgehaltenen zumeist bipolaren oder zweifaserigen Pericardialzellen.

Taf. X. Fig. 17—28.

Fig. 17. Vordere und hintere Hälfte zweier benachbarter Herzkammern sammt einem Theil des Pericardialseptum (fs) und des Pericardialgewebes von Ephippigera vitium. Alkoholpräparat von der Dorsalseite aus betrachtet bei 100 maliger Vergrösserung. a Herzadventitia von Platycleis grisea a' von Ephippigera. rm Ringfasern, sp Ostien, v und o vordere, h und ϱ hintere Lappen derselben, M der grosse doppelfiedrige Verschlussmuskel, T Herztracheen, T' Zweig davon, der die Pericardialzellen (pz) umstrickt, fm Enden von Flügelmuskelfasern.

Fig. 18. Idealer Längsschnitt durch die Ostiengegend des Maikäferherzens (nach Strauss-Dürkheims Darstellung).

a adventitia, rm Ringmuskularis, i Intima, S während der Systole, D während der Diastole, sp Spaltöffnungen. h, h' semilunare Ostienklappen; v, v' sog. Interventricularklappen. b Bogen über den Spaltöffnungen zum Ansatz der Flügelmuskeln.

Fig. 19. Ostiengegend vom Herzen einer Odontura Fischeri.

d dorsale, v ventrale Seite, erstere mit nach Innen convergirenden, letztere mit parallelen Ringfasern; die Ostien zum grössten Theil auf der Dorsalfläche liegend.

Fig. 20. Längsschnitt durch die Ostiengegend des Herzens einer Chironomuslarve. Bezeichnung wie früher.

m Interventricularklappen in der Diastole, n in der Systole.

Fig. 21. Darstellung des Ringfaserverlaufes an den Ostien von Ephippigera. (Der Pfeil (L) gibt die Richtung des Blutstromes an.) Durch Zusammenschnürung der zwei unter dem Winkel 2μ sich kreuzenden Fasern entstehen zwei Bewegungskräfte a b und a'b', deren parallel zur Längsaxe des Herzens wirkende Componenten cb und c'b' den Verschluss der Ostien bewirken.

Fig. 22. Pericardialzellenfusionen von Saturnia pyri.

a zwei langgestreckte Zellen durch ein dünnes Band miteinander verbunden; beide Enden gehen in fadenförmige Anhänge aus, die sich nach Art der elastischen Fasern gabeln.

b mehrere durch unvollkommene Theilung entstandene, zu einem wurstartigen Strang verbundene Zellen. Bei c sind etliche weniger differenzirte Zellen dargestellt, sämmtlich mit fadenförmigen Ausläufern versehen.

Fig. 23. Darstellung des Zusammenhanges zwischen der Herzadventitia (a) und dem Pericardialseptum (fs) von Melolontha vulgaris, bei 450-facher Vergrösserung. Auf der Dorsalseite des Septum entspringen bindegewebige, den elastischen ähnliche Balken (m), die, oder deren feinere Abzweigungen direct in die Membran der Pericardialzellen (pz) übergehen, wodurch es zur Bildung von zumeist bipolaren und tripolaren Zellen kommt, die ihrerseits wieder auf ähnliche Weise mit der adventitia in Verbindung treten.

Fig. 24. Dorsaler Tracheenverlauf von Blatta orientalis.

Fig. 25. » von Carabus cancellatus.

Fig. 26. » von Stenobothrus pratorum.

Fig. 27. » von Dytiscus marginalis, wobei die Buchstaben a, b, c u. d hier, sowie in der Fig. 1 homologe Theile bezeichnen.

Fig. 28. Stück Herzschlauch in der Ostiengegend von Melolontha vulgaris; gezeichnet theils nach dem pulsirenden Gefäss theils nach Injectionspräparaten.

A vorderste Partie der hinteren, B hintere Partie der vorhergehenden Kammer. v vordere, h hintere Fläche der Ostienklappe, welche nach vorne und innen in einen Trichter über-

geht (i). a Der zwischen beiden Ostientrichtern liegende Engpass, welcher durch das Zellventil (z) völlig abgeschlossen werden kann. m ein kegelförmiger Hohlmuskel, durch dessen Contraction die Ostientrichter nach vorne bewegt werden.

Correcturen.

Seite 130, Zeile 8 von unten statt Anthophora zu lesen Osmia cornuta Latr.
» 130, » 12 » » » vituus Lero, zu lesen vitium Serv.
» 139, » 17 » oben » dieselbe zu lesen dasselbe.

Ueber die Nervenendigung an den Tasthaaren der Säugethiere, sowie über die feinere Structur derselben.

Von

Dr. Jos. Schöbl

in Prag.

Hierzu Tafel XI und XII

Nachdem ich nicht nur in der Flughaut der Chiropteren, sondern auch am äusseren Ohre der Mäuse und Igel eigenthümliche Haare aufgefunden habe, welche einen eigenen Nervenapparat besitzen und hierdurch zu wichtigen Tastorganen umgewandelt erscheinen, lag es nahe, zu untersuchen, in welchem Verhältnisse diese Haare zu den bekannten Tasthaaren an der Schnauze der Säugethiere stehen.

Trotzdem mehrere eingehende und gediegene Arbeiten über die Tasthaare veröffentlicht worden sind, erschien mir dennoch nicht nur die Endigungsweise der Nerven, sondern auch manche andere Structurverhältnisse an denselben etwas unklar, und ich habe mich deshalb bewogen gefunden, trotz der allgemein anerkannten Schwierigkeit des Untersuchungsobjectes, die Tasthaare aller mir zugänglichen Säugethiere einer nochmaligen genauen Untersuchung zu unterwerfen.

Unter allen Säugethieren, welche ich erlangen konnte, erwies sich mir der Igel als zur Untersuchung der Tasthaare am meisten geeignet, ja als ein in dieser Hinsicht geradezu classisches Thier. Der Igel ist nämlich das einzige Thier von allen, welche ich kenne, bei welchem sämmtliche Haare der Schnauze Tasthaare sind.

Die kleinen Härchen der Schnauze stimmen mit denen, die ich vom äusseren Ohre desselben Thieres beschrieben habe, vollkommen überein, die grössten dagegen besitzen den Bau der bekannten Tasthaare anderer Säugethiere. Zwischen diesen beiden Tasthaarformen nun lässt sich beim Igel eine ganze lange Reihe von Uebergangsformen auffinden, an denen sich ein ganz allmähliches Uebergehen der einen Form in die andere nachweisen lässt, wie es vorläufig bei keinem anderen Thiere möglich ist.

Ich habe aus diesem Grunde, obwohl ich, wie bereits erwähnt, die vergleichende Untersuchung sämmtlicher zu erlangenden Tasthaare nicht unterlassen habe, mich jedoch vorzugsweise mit denen des Igels beschäftigt. Es gelten somit die nachfolgenden Beobachtungen zunächst für die Tasthaare des Igels, und desgleichen sind sämmtliche Abbildungen beider Tafeln nach Tasthaaren der Igelschnauze angefertigt.

Bevor ich auf meine eigenen Untersuchungen übergehe, will ich nur in aller Kürze erwähnen, was in Bezug auf den feineren Bau der Tasthaare überhaupt, und auf die Endigungsweise ihrer Nerven bis jetzt bekannt geworden ist.

Die älteren Beobachtungen lasse ich unberücksichtigt, da sie auf den feineren Bau nicht eingehen; so begnügt sich z. B. Haller (Elem. Phys. T. V.) mit der Bemerkung, dass beim Durchschneiden des Balges der Tasthaare ein Tropfen Blutes herausfliesse.

In die ersten Decennien des gegenwärtigen Jahrhunderts fallen bereits eingehendere Arbeiten, in denen bereits von einem rothen schwammigen Körper zwischen dem Haarbalge und der Wurzelscheide der Tasthaare gesprochen wird.

Gaultier (Journal de Physique 1820) berichtet, dass sich im Haarbalge der Tasthaare eine zähe fleischartige Substanz vorfindet.

Heusinger (System der Histologie 1822) macht ähnliche Angaben über einen rothen schwammigen Körper im Haarsacke.

Eble (Die Lehre von den Haaren. Wien 1831) beschreibt im Balge der Tasthaare einen rothen spongiösen Körper, der theils aus Capillaren, theils aus frei ergossenem Blute bestehe.

Bendz (Handbog, den Almindelige Anatomie. Kjöbenh. 1846) erwähnt einen ringförmigen Sinus in der oberen Partie des Balges der Tasthaare, welcher jedoch nach Heusinger's Angabe bereits in Rees Cyclopädie beschrieben sein soll, welche letztere zu erlangen ich nicht im Stande war.

Viel wichtigere Arbeiten über die Tasthaare fallen in die neuere Zeit.

Gurlt (Untersuchungen über die hornigen Gebilde des Menschen und der Haussäugethiere in Müller's Archiv) übergehe ich, um Wiederholungen zu vermeiden, da sich dessen Angaben bei den folgenden Autoren vollständig wiederfinden.

Gegenbaur (Untersuchungen über die Tasthaare einiger Säugethiere. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. III. B. 1851.) schenkt dem Verhalten der Nerven besondere Aufmerksamkeit. Er giebt an, dass der zu jedem Tasthaare sich begebende Nervenstamm vom fünften Paare abstammt, sich in mehrere Aeste spaltet, die sich dann mannigfaltig verzweigen und durch Verflechtung ihrer Primitivfasern ein dichtes Netzwerk darstellen, welches sich um die ganze Wurzelscheide ausbreitet. Von diesem Hauptflechtwerke nach Innen zu, nahe der structurlosen Haut, befindet sich ein feineres Nervenflechtwerk, welches von dem ersteren durch eine bindegewebige Schicht getrennt ist, ziemlich weite Maschen besitzt, und in welchem häufige Theilungen von Primitivfasern beobachtet werden. Diese letzteren werden feiner und blasser, und verschwinden endlich ganz. Ueber die Art und Weise jedoch, wie sie enden, giebt Gegenbaur nichts an. Den cavernösen Körper im Haarbalge beschreibt er als eine mit zahlreichen Blutgefässen versehene bindegewebige Schicht, ohne der freien Bluträume zu erwähnen, scheint somit anzunehmen, dass sämmtliches Blut der Bälge in Gefässen eingeschlossen sei.

Leydig (Ueber die äusseren Bedeckungen der Säugethiere Müller's Archiv, Jahrg. 1859) liefert die gediegenste und reichhaltigste Arbeit über die Tasthaare. In gewohnter meisterhafter Weise beschreibt er alle Gebilde derselben und liefert ein sehr reichhaltiges vergleichendes Material; er sagt: Die eigentliche Haut der Bälge der Tasthaare ist bindegewebig, hat bei grösseren Thieren das Aussehen einer fibrösen Haut, ähnlich der Sclera. Gefässe kommen in derselben nicht vor, ausser denen, die sie durchbohren, um zur Papille und zum cavernösen Körper zu gelangen. Am Grunde des Balges inseriren sich Muskeln mittelst langer Sehnen. Zwischen dem Haarbalge und der Wurzelscheide liegt der sogenannte Schwammkörper. Die Tasthaare aller Säugethiere haben nämlich zwischen der Innenfläche des Balges und der äusseren Wurzelscheide ein aus Bindegewebe bestehendes Alveolarwerk, dessen Höhlungen

venöse Bluträume sind. Am Halse des Follikels befindet sich ein venöser Ringsinus. Nach Innen, gegen die Wurzelscheide zu, bilden die Balken des Schwammkörpers eine compacte Schicht, welche nach Innen zu homogen glashell ist, und in welcher die Blutgefässe und Nerven liegen. Die Blutgefässe treten, nachdem sie den Balg durchbohrt haben, zur compacten Lage, zerfallen hier in Capillaren, welche dann in die Bluträume und in den Ring einmünden. Der Blutreichthum der Bälge steht mit der Function der Spürhaare als Tastorgane in Zusammenhang. Die Nerven durchbohren immer seitlich den Haarbalg, verbreiten sich in den Balken des Schwammkörpers und endigen das Haar umfassend da, wo der Ringsinuus sich befindet, bis hart an die Wurzelscheide herantretend, nachdem die Primitivfaseen sich häufig getheilt haben, eine Art Kranz bildend, der bis zur äusseren Wurzelscheide vorzudringen sucht. Als eigenthümlichen Wulst der Wurzelscheide beschreibt Leydig einen ringförmigen Wulst unter dem Ringsinus.

Léon Vaillant (Not sur les poils du tact des mamifères. Gaz. med. Paris 1862) macht einige Mittheilungen über die Tasthaare, welche ich gänzlich übergehe, weil ich nicht finde, was nicht schon von Leydig besser und ausführlicher erwähnt worden wäre.

Odenius (Beitrag zur Kenntniss des anatomischen Baues der Tasthaare. Vortrag, gehalten in der physiologischen Gesellschaft zu Lund. 1866. Deutsch in Max Schultze's Archiv f. mikr. A. 2. B.) ist der neueste ausführliche Beschreiber der Tasthaare. Da seine Arbeit in vielen Punkten mit der Leydig'schen vollkommen übereinstimmt, so will ich, um Wiederholungen zu vermeiden, von Odenius nur das kurz erwähnen, worin er von Leydig abweicht oder Neues bietet. Odenius unterscheidet am Haarbalge eine longitudinale und eine transversale Schicht. Die homogene Schicht des Schwammkörpers erklärt er theilweise als ein Analogon der Glashaut, sie soll Längs- und Querstreifen besitzen. In der äusseren Wurzelscheide finden sich Stachelzellen. Der Haarbulbus besteht aus einer gleichförmigen Zellenmasse, welche sich nach Oben zu in einzelne strata differenzirt, als: Corticalsubstanz des Haares, Cuticula, innere und äussere Wurzelscheide. Die Beschreibung des schwammigen Körpers stimmt mit der von Leydig gegebenen völlig überein. Der Ringsinus ist nach Odenius von den Alveolen des Schwammkörpers durch eine Substanzbrücke geschieden, und eine Verdickung der compacten Schicht in der Gegend des Ringsinus wird conischer

Körper genannt. Der Ringwulst, welchen Leydig als der Wurzelscheide angehörig beschrieben hat, hängt mittelst einer stielförmig verengten Basis mit der compacten Lage zusammen, zu der er zu rechnen ist, und umgiebt nicht das ganze Haar, höchstens $^3/_4$ des Umfanges. Er besteht aus Bindegewebe mit Kernen, und enthält weder Blutgefässe noch Nerven. Der Nervenstamm begiebt sich nach Odenius, nachdem er den Haarbalg seitlich durchbohrt hat, unter fortwährenden Verzweigungen zur compacten Lage, durch häufige Anastomosen der einzelnen Bündel bildet er ein grobes Geflecht, welches sich gegen den Ringsinus zu in feinere Bündel auflöst, und zahlreiche Theilungen von Nervenfasern enthält. Während des Verlaufes nach Oben nehmen die Fasern einen mehr parallelen Verlauf an, so dass sie endlich sämmtlich in einer Ebene ausgebreitet liegen, welche vollständig und gleichmässig den ganzen Umfang der Wurzelscheide umgibt. Die einzelnen Fasern verlieren nun ihre Markscheide, welche zugespitzt endet, und bilden von da an schmale, glänzende Terminalfasern, welche dicht nebeneinander in einer homogenen, von rundlichen Kernen durchsetzten Substanz eingebettet zu sein scheinen, und von denen jede mit einer länglichen abgerundeten Anschwellung von feingranulirtem Aussehen endet. Es enden somit die Nerven der Tasthaare nach Odenius im oberen Theil der homogenen Lage in seinem sogenannten conischen Körper mit länglichrunden Anschwellungen.

Burkhart (Ueber Nervenendigungen in den Tasthaaren der Säugethiere. Centralblatt f. die medic. Wissenschaften. Berl. 1870. S. 514) veröffentlichte eine ganz kurze vorläufige Mittheilung. Er giebt an, dass Nerven in den sogenannten Ringwulst eintreten, daselbst ein Netz bilden, und wahrscheinlich mit eigenthümlichen, von ihm beschriebenen sehr vergänglichen Zellen in Verbindung ständen. Ich kann der überaus kurzen, und etwas unklar gehaltenen Notiz Burkhart's, so lange seine definitive Arbeit nicht erscheint, keinen besonderen Werth beilegen. Ich wenigstens konnte, übereinstimmend mit Odenius, im Ringwulst nie eine Spur weder von Nerven noch von Blutgefässen entdecken, trotzdem ich dasselbe Reagens wie Burkhart, nämlich Ueberosmiumsäure, in mannigfaltiger Weise in Anwendung gebracht habe.

Stieda (Ueber die angeblichen Terminalkörperchen an den Haaren einiger Säugethiere. Dieses Archiv. 8. Bd. p. 274) hat eine Notiz publicirt, worin meine Arbeiten über die Haare in

der Flughaut der Chiropteren sowie am äusseren Ohre der Mäuse angegriffen werden. Meine Entgegnung erschien im selben Bande des Archivs p. 654, weshalb ich den Gegenstand hier mit Stillschweigen übergehe.

Endlich soll von einem Herrn Studiosus Beil eine Inaugural-Dissertation erschienen sein, mit der es eine ganz eigenthümliche Bewandtniss hat.

Im Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie im Jahre 1871, herausgegeben von Henle, Meissner und Grenacher, I. Heft, p. 28 steht: „W. Beil, Ueber Nervenendigungen in den Haarbälgen einiger Tasthaare. Inaug.-Diss. Göttingen, 8."

Ich habe mir alle mögliche Mühe gegeben, dieser Inaugural-Dissertation habhaft zu werden, habe jedoch statt dessen unumstössliche Beweise erlangt, dass sie bis jetzt, das heisst zum Mai des Jahres 1872, noch gar nicht erschienen ist, obzwar sie im oben genannten Berichte bereits als im Jahre 1871 erschienen angeführt wird.

Hiermit hätte ich der wichtigsten Thatsachen, welche in Bezug auf die Tasthaare bekannt geworden sind, und welche zu erlangen mir möglich war, in aller Kürze Erwähnung gethan und gehe nun zu meinen eigenen Arbeiten über.

Meine Untersuchungen über Tasthaare beginnen eigentlich mit der Erforschung der Nervenendigungen in der Flughaut der Fledermäuse. Ich habe die damals erzielten Resultate im selben Archiv Band 7 unter dem Titel „Die Flughaut der Fledermäuse, namentlich die Endigung ihrer Nerven" veröffentlicht.

Ich fand damals die Flughaut der Chiropteren mit winzigen, regelmässig vertheilten Härchen besetzt, bei denen sich das untere Ende der Haarschäfte in einen Zellkörper unmittelbar fortsetzte, der einerseits mit dem Rete Malpighi in Verbindung stand, andererseits nach abwärts einen Tannenzapfenähnlichen Fortsatz besass, und von der Glashaut, sowie von den undeutlich differenzirten Faserhäuten des Haarbalges umgeben erschien. Zu jedem Haarbalg begibt sich ein aus 4—6 Fasern bestehendes Nervenstämmchen, welches das Haar umschlingt, sich dann nach abwärts begiebt und den Tannenzapfenähnlichen Fortsatz umwickelt.

Ich habe auf Grundlage weiterer Untersuchungen dieses über alle Maassen schwierigen Objectes an meinen damaligen Angaben nur Weniges zu berichtigen, und das wäre: dass die zum Haarbalg tretenden Nervenfasern marklos werden, dass sie nicht eine einfache

Umschlingung des Haares, sondern in allen Fällen unterhalb der Einmündungsstelle der Talgdrüsen einen wahren, wenn auch nur aus wenigen Windungen bestehenden Ring bilden.

Ich habe damals den Tannenzapfenartigen Zellenfortsatz mit seiner Nervenumwicklung als Terminalkörperchen aufgefasst, dem Härchen dagegen eine untergeordnete Rolle zugewiesen. Wie ich bereits in meiner Entgegnung gegen S t i e d a erwähnt habe, glaube ich diese meine damalige Auffassung dadurch entschuldigen zu können, dass ich diese Gebilde zunächst in der Flughaut der Chiropteren auffand, wo einestheils die Untersuchung so ungemein schwierig ist, anderntheils das so winzig kleine Härchen ganz in den Hintergrund tritt. Auf Grundlage einer ganzen Reihe von comparativen Untersuchungen hat sich mir nun mit voller Klarheit ergeben, dass die Härchen in der Flughaut der Fledermäuse wahre Tasthaare sind, und zwar die kleinsten Tasthaare in der Säugethierwelt.

Meine zweite, hier einschlägige Arbeit betrifft das äussere Ohr der Mäuse. Ich ging nämlich von der Voraussetzung aus, dass das feine Tastvermögen der Flughaut den Fledermäusen vorzüglich an jenen Orten unentbehrlich ist, wo sie sich wegen Mangel an Licht des Sehvermögens nicht bedienen können, wie in tiefen Höhlen, unterirdischen Localen und dergleichen; und dass man bei Thieren, welche stets oder zeitweilig ähnliche dunkle Localitäten bewohnen, eine ähnliche feine Ausbildung des Tastsinnes an irgend einer Körperstelle auffinden könnte.

Unter derartigen leicht zu erlangenden Thieren musste mir vor allem die Hausmaus einfallen, und es fiel mir sofort eine gewisse Aehnlichkeit zwischen dem überaus zarten, scheinbar nackten, jedoch mit kleinen Härchen regelmässig besetzten äusseren Ohre der Maus und der Flughaut der Chiropteren auf.

Die genauere Untersuchung hat gezeigt, dass meine Schlussfolgerung richtig war; ich fand im äusseren Ohr der Mäuse einen wahrhaft fabelhaften Nervenreichthum, und von jedem der regelmässig in ziemlich gleichen Abständen von einander entfernten Härchen einen ähnlichen Nervenapparat, wie an denen der Flughaut der Fledermäuse.

Zu jedem Haarbalge treten nämlich ein oder zwei aus zwei bis vier marklosen Fasern bestehende Nervenstämmchen, umwickeln unterhalb der Talgdrüsen den Wurzelzellkörper in mehrfacher Tour, und bilden so einen Nervenring, von welchem aus Nervenfasern nach ab-

wärts verlaufen und hier ein unter dem betreffenden Wurzelzellkörper gelegenes Nervenknäuel bilden. Auch diese Arbeit ist im selben Archiv, Bd. 7 S. 260 abgedruckt unter dem Titel: „Das äussere Ohr der Mäuse als wichtiges Tastorgan."

Boll hat diese meine Untersuchungen controllirt und in allen Punkten bestätigt (Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1871. Nr. 34. S. 532).

Auch diese Härchen im äusseren Ohre der Mäuse sind wahre Tasthaare, wie jene winzigen Härchen der Chiropterenflughaut.

Eine dritte Arbeit ist in eben demselben Archive erschienen Bd. 8 S. 295 unter dem Titel: „Das äussere Ohr des Igels als Tastorgan." Ich wählte mir dieses nächtliche, sich in allerlei Schlupfwinkeln herumtreibende Thier umsomehr, als zu vermuthen war, dass bei einem Geschöpf, welches den grössten Theil seiner Körperoberfläche mit Stacheln bedeckt hat, die davon frei gebliebenen Partieen für Tastempfindungen um so empfindlicher sein dürften. Auch diese meine Schlussfolgerung erwies sich als richtig; ich fand im äusseren Ohre des Igels Tasthaare, analog denen im äusseren Ohre der Mäuse, so wie zu jenen in der Flughaut der Chiropteren.

Da alle drei Tasthaarformen, deren ich bis jetzt Erwähnung gethan habe, nämlich sowohl die Tasthaare in der Flughaut der Fledermäuse, als auch die am äusseren Ohre der Mäuse und Igel in Bezug auf den Bau ihrer Haarwurzel von der gewöhnlichen Haarform ganz abweichen, so wird es hier am Orte sein, dass ich mich über diesen Punkt genauer ausspreche. Am untersten Theile des Haarschaftes theilen sich nämlich die Faserzellen der Corticalsubstanz in einzelne Bündel, welche dann strahlig besenförmig nach allen Seiten auseinanderfahren, wobei die einzelnen Faserzellen ganz allmählich an Länge abnehmen, an Dicke dagegen zunehmen, bis sie sich endlich in länglich polygonale kernhaltige Zellen umwandeln, welche bis gegen die Peripherie die strahlige Richtung der besenförmig auseinanderfahrenden Faserbündel des Haarschaftes einhalten und zusammengenommen einen bald ovalen, bald mehr conischen, bald länglichen soliden Zellkörper darstellen, welcher durch eine ganz ähnliche Zellschicht (ein Rudiment der äusseren Wurzelscheide bei der gewöhnlichen Haarform) unmittelbar mit der Malpighi'schen Schicht im Zusammenhange steht.

An Längsdurchschnitten so gebauter Haare ist es anschaulich, wie die Malpighi'sche Schicht, nachdem sie an jedem Haarbalge

eine trichterförmige Einstülpung gemacht hat, sich in die Ausführungsgänge der Talgdrüsen fortsetzt, und zwischen diesen herab in den soliden Zellkörper übergeht, dessen Zellen wieder in der Mitte ganz allmählich in die Faserzellen des Haarschaftes übergehen.

Die Corticalsubstanz des Haares erscheint somit als eine unmittelbare Fortsetzung der Malpighi'schen Schicht.

Taf. I Fig. 2 und Fig. 6 stellen reine Längsdurchschnitte von Tasthaaren dar, an denen der allmähliche Uebergang der Malpighi'schen Schicht in den Zellkörper und der Zellen dieses letzteren in die des Haarschaftes ganz deutlich ersichtlich ist.

Ich nenne so gebaute Haare: Haare mit Wurzelzellkörper, zum Unterschiede von der gewöhnlichen Haarform mit Haarzwiebel und entwickelter Wurzelscheide.

Es unterscheidet zwar schon Henle (Handbuch d. Eingeweidelehre des Menschen. 1866. pap. 21) zwei Grundformen der Haarwurzel, er sagt:

„Die Haarwurzel erscheint in zweierlei Formen: offen und hohl so lange das Haar wächst, oder geschlossen und solid, wenn das Haar seine typische Länge erreicht hat. Die erste Form (Haarknopf Henle) besteht aus einer mit breiter Basis aufsitzenden, weichen, gallertartigen Masse, in welcher dicht gedrängt platte, kreisrunde Zellkerne und bei dunklen Haaren Haufen von Pigmentkörnchen liegen; sie schliesst einen vom Grunde des Haarbalges breit oder gestielt sich erhebenden ei- oder kegelförmigen, aufwärts in eine Spitze ausgezogenen Körper ein, die Haarpapille, von der sie sich nur gewaltsam trennen lässt."

„Die zweite Form von Haarwurzeln (Haarkolben Henle) ist nur um weniges stärker als der Haarschaft; ihre Oberfläche bilden Faserspitzen, Fortsetzungen der Fasersubstanz des Haarschaftes, welche strahlig divergirend nach den Seiten und nach unten ragen, oder sie ist glatt am unteren Ende abgerundet, oder gar zugespitzt, und zeigt sich ganz aus feinen, wollig gekräuselten Längsfasern zusammengesetzt, einem Bindegewebsbündel ähnlich, und ebenso in Essigsäure quellend, wobei die sogleich zu erwähnenden stabförmigen Kerne erkennbar werden."

Diese beiden Formen der Haarwurzel, wie sie Henle aufstellt, als Entwicklungszustände desselben Haares mögen wohl für die Haare des Menschen und für viele andere Haare, vielleicht für die

Meisten ganz richtig sein, für Alle passen sie jedoch in der Weise, wie sie von Henle präcisirt werden, durchaus nicht. Am allerwenigsten kann ich sie für die von mir beschriebenen Tasthaarformen beibehalten. Die wichtigstsn Argumente, die mich hierzu nöthigen, sind folgende:

1. In den winzigen Tasthärchen der Flughaut der Fledermäuse, desgleichen in den Tasthärchen des äusseren Ohres der Mäuse und der Igel, sowie in den kleinsten Tasthärchen der Igelschnauze, habe ich nie eine Papille wahrgenommen, mögen die Haare jung oder alt sein, möge man in welcher Jahreszeit immer untersuchen, junge oder alte Thiere, stets findet man die betreffenden Tasthärchen in der von mir beschriebenen Form mit Wurzelzellkörper und nur äusserlich von Capillargefässen umsponnen. Selbst in der allerfrühesten Entwicklung finde ich an der Stelle der Haarwurzel nur ein aus weichen, rundlichen Zellen befindliches Lager ohne eine Spur von einer Papille. Es wären dies somit, wenn ich die Eintheilung Henle's für sie anwenden wollte, Haare, welche zu keiner Zeit ihrer Entwicklung die offene oder hohle Form besitzen.

2. Giebt es Tasthaare, die einen entwickelten Wurzelzellkörper besitzen, wie sie auf Taf. I, Fig. 3 bis Fig. 6 abgebildet sind und die trotzdem Papillen besitzen. Solche Tasthaare würden gleichzeitig in beide Unterabtheilungen der Haarwurzel nach Henle eingereiht werden müssen, nach dem Vorhandensein der Papille werden sie zur hohlen offenen Form gehören, nach der Zerfaserung des unteren Endes des Haarschaftes zur soliden, geschlossenen Form.

3. Endlich finde ich den ganzen Wurzelzellkörper bei seiner geschlossenen Haarform mit keinem Worte erwähnt, ebensowenig wird des Umstandes gedacht, dass die Fasern des Haarschaftes sich allmählich in die Zellen des betreffenden Zellkörpers umwandeln.

Aus diesen Gründen kann ich die Henle'sche Eintheilung der Haarwurzeln für die von mir beschriebenen Tasthaare nicht anwenden, und gebrauche zur Bezeichnung der obenerwähnten Tasthaarformen den Ausdruck Haarwurzel mit entwickeltem Wurzelzellkörper, wobei die Wurzelscheide mehr weniger rudimentär ist; zum Unterschiede zu der Haarwurzel von gewöhnlicher Haarform mit Haarzwiebel und entwickelter Wurzelscheide.

Wurzelscheide und Wurzelzellkörper stehen zu einander bei beiden Haarformen in reciprokem Verhältniss; je entwickelter der

Wurzelzellkörper ist, desto geringer an Ausdehnung ist die Wurzelscheide und umgekehrt.

Wenden wir uns nach dieser Abschweifung wieder zu den Tasthaaren des Igelohres.

Die Epidermis der Haut kleidet die trichterförmige, zu jedem Haarbalg gehende Einstülpung der Malpighi'schen Schicht aus, bis etwas unter die Einmündungsstelle der Talgdrüsen, bildet ein Analogon der inneren Wurzelscheide und schlägt sich dann auf den Haarschaft über, und scheint unmittelbar in das Oberhäutchen des Haares überzugehen. Die Oberhaut des Haares erschiene somit als die unmittelbare Fortsetzung der Oberhaut der Cutis.

Der Wurzelzellkörper und die äussere Wurzelscheide ist das Zwischenglied zwischen Malpighi'scher Schicht und der Corticalsubstanz des Haares, die innere Wurzelscheide dagegen zwischen Epidermis und Oberhäutchen des Haares.

Die Haarbälge am äusseren Ohre des Igels besitzen keine eigenen Blutgefässe; sie werden blos von Aussen von einem Capillarnetz umsponnen. Dagegen tritt zu jedem Haarbalge ein mächtiges Nervenstämmchen, dessen Fasern den cylindrischen Theil des Haarbalges unmittelbar unter der Einmündung der Talgdrüsen umwickeln und auf diese Weise einen prachtvollen Nervenring bilden.

Ein derartiger Nervenring findet sich an jedem Haare des Igelohres.

In meiner Arbeit über das Igelohr habe ich weiter beschrieben, dass von der Innenfläche des Nervenringes Nervenfasern nach Unten abgehen, längsrippenartig über den Wurzelzellkörper verlaufen und unter demselben schlingenförmig umbiegen. Diese Angabe muss ich zurücknehmen; sie ist aus einer Verwechslung hervorgegangen mit Fasern, welche ich sofort beschreiben werde und welche oft eine ungewöhnliche Aehnlichkeit mit Nervenfasern besitzen. Diese Fasern gehören, wie ich jetzt auf Grundlage vergleichender Untersuchungen annehmen zu dürfen glaube, der Glashaut an, welche bei diesen Haaren nicht eine zusammenhängende Membran bildet, sondern in eine grosse Anzahl feiner flacher Längsbänder zerfallen erscheint. Diese Bänder verlaufen von der Innenfläche des Nervenringes ausgehend parallel und dicht nebeneinander an der Oberfläche des Wurzelzellkörpers und biegen unter demselben schlingen-

förmig um, auf diese Weise die ganze Oberfläche des Wurzelzellkörpers umspannend. Jedes einzelne Band hat etwa dieselbe Stärke, wie eine Nervenfaser, und alle hängen mit der Innenfläche des Nervenringes, von dem sie ausgehen, innig zusammen. Gelingt es durch einen glücklichen Schnitt, die Innenfläche eines Stückes des Nervenringes zur Ansicht zu bekommnn, so hat es ganz den Anschein, als ob die betreffenden Bänder unmittelbar aus den einzelnen Nervenfasern des Ringes entspringen und dann nach abwärts umbiegen so dass man sich leicht veranlasst fühlen würde, sie sofort für Nervenfasern zu erklären, wenn nicht andere vergleichende Beobachtungen dagegen sprächen.

Der Nervenring in Verbindung mit den den Wurzelzellkörper umspannenden Bändern bildet meiner Ansicht nach den Tastapparat dieser Haare.

Während bei der Fledermaus ausser dem Nervenringe der untere Theil des Wurzelzellkörpers von Nervenfasern umwickelt ist, bei der Maus sich ausser dem Ringe unter dem Zellkörper ein Nervenknäuel befindet; so glaube ich, dass die den Wurzelzellkörper eng umspannenden und mit dem Nervenring innig verbundenen Bänder der Glashaut die letzteren Gebilde der obengenannten Thiere bei den Tasthaaren des Igelohres ersetzen, und auch ganz wohl geeignet sind, jede Vibration des Haares, welches sich ja unmittelbar in den Wurzelzellkörper fortsetzt, den Nervenfasern des Ringes mitzutheilen. Auf diese Weise habe ich bereits eine ganze Reihe von Tasthaaren beschrieben, welche einen analogen Tastapparat besitzen. Von den winzigen Tasthärchen der Chiropterenflughaut, deren Länge kaum 0,25 mm. beträgt, bilden die schon grösseren Tasthärchen am Ohre der Mäuse einen allmählichen Uebergang zu den ziemlich grossen Tasthaaren am äusseren Ohre des Igels. Auch in Bezug auf den Tastapparat herrscht bei allen diesen drei Tasthaarformen ein Grundgedanke, nämlich Ringbildung am Halstheile des Haarbalges, und eine von da ausgehende Umspannung des Wurzelzellkörpers. Der Nervenring kommt allen drei Thiergruppen gemeinschaftlich zu, nur ist seine Entwicklung ungleich; am schwächsten bei den Fledermäusen, stärker schon bei den Mäusen, am allerstärksten und prachtvollsten beim Igel. Die Umspannung des Wurzelzellkörpers wird bewirkt bei der Fledermaus durch Umwicklung der unteren Partie desselben mit Nervenfasern, bei der

Maus durch Knäuelbildung unterhalb desselben, beim Igel durch die in Bänder zerfallende Glashaut.

Meine weiteren Untersuchungen betreffen die Tasthaare der Schnauze verschiedener Säugethiere, namentlich des Igels, und ich gelangte hierbei zu folgenden Hauptresultaten:

1. Im Rüssel des Igels finden sich ganz gleich gebaute kleine Tasthärchen, wie ich sie an seinem äusseren Ohre beschrieben habe.

2. Sämmtliche Haare des Igelrüssels sind, wie ich bereits in der Einleitung erwähnt habe, Tasthaare.

3. Es lässt sich bei verschiedenen Säugethieren, am bequemsten jedoch im Igelrüssel, ein ganz allmählicher Uebergang der kleinen von mir beschriebenen Tasthärchen zu den gewöhnlichen grossen Tasthaaren nachweisen.

Zur Untersuchung eignen sich am besten grosse, ganz ausgewachsene Igel, im Spätherbste oder während des Anfanges des Winterschlafes getödtet.

Wie bereits erwähnt wurde, kommen somit im Igelrüssel Tasthärchen vor, welche mit denen am äusseren Ohre desselben Thieres ganz congruent sind, von ihnen in keinem Punkte abweichen. Die Länge solcher Tasthärchen beträgt 2—3 mm., ihr Durchmesser 0,0555 mm. Die Länge des Haarbalges von der Einmündungsstelle der Talgdrüsen nach abwärts gemessen 0,5 mm. Ein derartiges kleines Tasthärchen aus dem Igelrüssel, von der Oberfläche betrachtet ist auf Tafel I, Fig. 1, im Längsschnitt dagegen auf derselben Tafel Fig. 2 dargestellt. Bei dem ersteren sieht man das strahlig besenförmig zerfaserte untere Ende des Haarschafts hindurchschimmern, an der Oberfläche dagegen die deutlich in Bänder zerfallene Glashaut. Die beiden Faserhäute des Balges sind nur im Schnitt gezeichnet. Der ganze Haarbalg, wie die stark gelappten Talgdrüsen, erscheinen von ziemlich weiten Capillaren umsponnen.

Fig. 2 ist ein reiner Längsschnitt eines etwas grösseren Tasthärchens des Igelrüssels, welches namentlich den Uebergang der Fasern des Haarschaftes in die Zellen des Wurzelzellkörpers und dieser letzteren in die Malpighi'sche Schicht veranschaulicht, desgleichen ist das Herabsteigen der Epidermis, und der Uebergang derselben in das Oberhäutchen der Haare bemerkbar. Die Talgdrüsen sind viel weniger entwickelt. Neben diesen Tasthärchen

finden sich in grosser Anzahl etwas grössere, welche in ihrem Bau von den eben beschriebenen nur unbedeutend abweichen. Die Gestalt des Wurzelzellkörpers ist ähnlich der Gestalt der vorigen, etwas langgestreckter, die Talgdrüsen sind weniger entwickelt. Die beiden Faserhäute des Balges sind etwas stärker entwickelt, namentlich das untere Dritttheil der Querfaserhaut, so dass diese Partie ganz deutlich quergestreift, wie von einem Fasergewinde umwunden erscheint. In das untere, knopfförmige Ende des Wurzelzellkörpers stülpt sich von den Faserhäuten aus eine deutliche, rundlich kegelförmige Papille ein, die Blutgefässe umspannen den Haarbalg nicht äusserlich wie bei den vorigen Tasthaarformen, sondern dringen sowohl in die Papille als zwischen beide Faserhäute, woselbst sie ein weitmaschiges Capillarnetz bilden, welches in der Gegend des Nervenringes besonders stark entwickelt ist. Die cylindrische Partie des Balges unter der Einmündung der Talgdrüsen, welche von dem Nervengewinde bekleidet ist, ist länger als bei der vorigen Form, somit der Nervenring prachtvoller entwickelt. Die von diesem Ringe ausgehenden Bänder der Glashaut, von denen nach abwärts zu nicht selten zwei bis drei zu einem gemeinschaftlichen Bande verschmelzen, verlaufen nach abwärts längs der stielförmigen Verlängerung des Wurzelzellkörpers bis zur Papille, woselbst sie mit der Querfaserhaut verschmelzen. Zum Nervenring begeben sich ein bis zwei ziemlich starke Nervenstämmchen, welche bald die Markscheiden verlieren, in mehrere Aeste zerfallen, durch Anastomosen nicht selten ein grobes Netz bilden um dann in die Wandungen des Ringes überzugehen.

Ueber den Nervenring hinaus liessen sich in keinem Falle Nervenfasern verfolgen, ich glaube mich deshalb berechtigt, ihn vorläufig, wenn es nicht gelingt, weitere Nervenfasern aufzufinden, als den nervösen Endapparat dieser Tasthaare anzusprechen.

Ich habe ein Tasthärchen der eben beschriebenen Art aus dem Igelrüssel auf Taf. I, Fig. 3 abgebildet; Taf. II, Fig. 4 stellt einen isolirten Nervenring eines derartigen Haares dar, von dem noch abwärts die Anfänge der Bänder der Glashaut sichtbar sind.

Scheut man weder Zeit noch Mühe und durchmustert ganze lange Reihen gelungener Präparate, so gelingt es, alle möglichen Uebergangsstadien zwischen den zuletzt beschriebenen Tasthaarformen zu beobachten, und ebenso gelingt es, ganz allmähliche Ueber-

gänge zu den nächstfolgenden aufzufinden. Diese letzteren bestehen hauptsächlich darin, dass sich bei noch grösseren Tasthärchen die beiden Faserhäute des Balges allmählich zu verdicken beginnen, und dass sich in gleichem Maasse das zwischen beiden Faserhäuten befindliche Gefässnetz, besonders in der Gegend des Nervenringes stärker entwickelt, wo es an einzelnen Stellen bereits zur Lacunenbildung kommt.

Auf diese Weise gelangen wir durch eine überaus zahlreiche Reihe von Uebergangsformen zu Tasthaaren, welche noch immer verhältnissmässig sehr klein sind, ja mitunter die vorherbeschriebene Tasthaarform, was Grösse anbelangt, kaum übertreffen, deren Grundform sie auch besitzen, an denen sich aber dennoch bereits alle wesentlichen Eigenthümlichkeiten der grossen Tasthaare, wie sie von den Autoren bis jetzt beschrieben wurden, vorfinden.

Es finden sich Tasthärchen, die nur wenige mm. lang sind, deren Haarbalg von der Einmündungsstelle der Talgdrüsen nach abwärts nur 0,85 mm. misst, und bei denen schon die äussere Faserhaut besonders stark entwickelt ist, und ganz das Aussehen einer fibrösen Haut hat. Sie erstreckt sich nach aufwärts bis zu den kleinen Talgdrüsen, welche gewöhnlich sogar ganz in ihr eingebettet liegen; die innere Faserhaut, welche in ihrer untersten Partie eine sehr deutliche Querfaserung aufweist, besitzt unmittelbar unter dem Nervenring eine wulstförmige Verdickung. Zwischen beiden Faserhäuten befindet sich ein Lacunensystem, welches um den Nervenring herum die weitesten Lacunen aufweist, welche nicht selten schon in einen zusammenhängenden Ringsinus verschmelzen, nach oben jedoch mit den die Talgdrüsen und die trichterförmige Einsenkung des Haarbalges umspannenden Blutgefässen zusammenhängen. Die Blutgefässe treten theils von unten, theils seitlich zum Haarbalg, gehen, nachdem sie die Faserhaut durchbohrt haben, theils zur Papille, theils bilden sie ein Capillarnetz, welches in das Lacunensystem mündet. Beide Faserhäute sind durch Bindegewebsbalken mit einander verbunden, welche die einzelnen Bluträume von einander trennen. Ausser einem bis zwei sehr schwachen, von oben zum Nervenring tretenden Nervenstämmchen tritt ein starker Nervenstamm seitlich zum Haarbalge, theilt sich, nachdem er die Faserhäute durchbohrt hat, in mehrere Zweige, welche zahlreiche Anastomosen bildend den Wurzelzellkörper umfassen, sich endlich in einzelne Fasern auflösen, die blass werden und sich zum Nerven-

ringe begeben. Die Bänder der Glashaut, welche sehr zart sind, ziehen vom Nervenring abwärts, umspannen den ganzen Wurzelzellkörper, dem sie unmittelbar anliegen, und verschmelzen im untersten Theile des Haarbalges mit dem oben bereits erwähnten deutlich querfaserigen Theile der inneren Faserhaut. Ein derartiges Tasthaar aus dem Igelrüssel habe ich Taf. I, Fig. 4 abgebildet.

Da sich an diesen Tasthärchen bereits alle Gebilde vorfinden, wie sie an den gewöhnlichen Tasthaaren beschrieben worden sind, so wird es hier am besten sein, wenn ich mich über meine eigene Deutung dieser Theile ausspreche.

Was den schwammigen Körper der Tasthaare älterer Autoren oder den cavernösen Körper anbelangt, der nach Leydig und Odenius zwischen dem eigentlichen Balge und der Wurzelscheide liegen soll, so liegt derselbe nach meiner Meinung zwischen den beiden Faserhäuten des Balges. Betrachtet man nämlich eine ganze Reihe von Tasthaaren, von den kleineren zu den grösseren übergehend, so sieht man, dass bei den kleineren zwischen beiden Faserhäuten sich blos ein weitmaschiges Gefäss noch befindet, bei den grösseren zu diesem noch ein Lacunensystem von kleinen Bluträumen hinzutritt, an dessen Stelle sich dann bei noch grösseren der sogenannte cavernöse Körper entwickelt.

Was Leydig, und nach ihm Odenius, compacte Lage der Balken des Schwammkörpers nennen, ist nach meiner Meinung die innere Faserhaut des Balges. Zu dieser Annahme berechtigt mich, wie ich glaube, nicht nur die Lage der Bluträume im Vergleich zur Lage des Gefässnetzes kleinerer analoger Tasthaare, sondern auch die Thatsache, dass der untere Theil dieser Haut stets querfaserig ist, was ganz genau der deutlichen Querfaserung am unteren Dritttheile der inneren Faserhaut kleinerer Haarbälge entspricht.

Die Balken des cavernösen Körpers bilden dann nach meiner Anschauungsweise das Analogon des lockeren Bindegewebes, welches bei kleineren Tasthaaren die beiden Faserhäute verbindet, und in dem eingebettet das Gefässnetz liegt.

Meine in Längsbänder zerfallende Glashaut scheinen weder Leydig, noch Odenius beobachtet zu haben, was sie als ein Analogon der Glashaut beschreiben, ist nach meiner

Meinung homogenes Bindegewebe, welches der Innenwand meiner inneren Faserhaut angehört.

Kehren wir nach dieser Abschweifung wieder zu den Tasthaaren des Igelrüssels zurück, so finden wir eine weitere Reihe derselben, welche sich von der zuletzt beschriebenen Tasthaarform in wenig anderem unterscheiden, als durch stetig zunehmende Grösse. Je grösser die Tasthaare werden, um so dicker werden die beiden Faserhäute des Balges, um so entwickelter das Blutlacunensystem zwischen denselben, oder der sogenannte cavernöse Körper, sonst ist der übrige Bau der Haarwurzel, was Wurzelzellkörper anbelangt, noch immer derselbe, wie bei den kleineren Tasthaaren, oder bei den Tasthärchen des Igelohres. Auf diese Weise gelangen wir bereits zu mächtigen Tasthaaren von mehr als einem Zoll Länge, deren Haarbälge, von der Einmündung der Talgdrüsen nach abwärts gemessen, bis 2 mm. betragen, welche noch immer die Grundform der kleinen Tasthärchen mit länglich elliptischem Wurzelzellkörper besitzen.

Auf Tafel I, Fig. 5 habe ich ein derartiges Tasthaar von der Oberfläche gezeichnet, während der Balg im Schnitt dargestellt ist. Fig. 6 derselben Tafel zeigt ein noch etwas grösseres Tasthaar dieser Art im reinen Längsschnitte.

Zu derartigen Tasthaaren begiebt sich ein mächtiger Nervenstamm, selten zwei, welcher sich manchmal, noch bevor er die Faserhäute seitlich durchbohrt, in zwei oder mehrere Aeste spaltet, welche durch Faseraustausch Anastomosen bilden. In den Haarbalg gelangt, begeben sich die Nervenstämme zur inneren Fläche der inneren Faserhaut (nach meiner Deutung compacte Lage Leydig's) zerfallen hier in stets feinere und feinere Zweige, welche durch stetigen Faseraustausch der einzelnen Bündel untereinander ein weitmaschiges Netz bilden, und den Wurzelzellkörper von allen Seiten gleichmässig umfassen. Im weiteren Verlaufe nach aufwärts werden die einzelnen Bündel durch fortwährende Theilung schwächer und schwächer, die Maschen des Netzes dagegen, das sie durch stetigen Faseraustausch bilden, enger und langgestreckter. Endlich in der obersten Partie des Wurzelzellkörpers werden die einzelnen Fasern marklos, breiten sich in einer Ebene aus, eine Faser dicht neben der anderen, parallel zu einander und zur Längsaxe des Haarbalges verlaufend, und gehen unmittelbar unter der Einmündungsstelle der Talgdrüsen in einen schwa-

chen, blassen, ungemein schwer darzustellenden Nervenring über, welcher, sowie die letzterwähnten blassen Längsnervenfasern in ein homogenes, von zahlreichen rundlich ovalen Kernen durchsetztes Bindegewebe eingebettet erscheint und seinerseits wieder mit den gleichfalls ungemein zarten Bändern der Glashaut zusammenhängt, welche dem Wurzelzellkörper unmittelbar aufliegend, nach abwärts verlaufen, um in der untersten Partie des Haarbalges mit dem deutlich querfaserigen Theile der inneren Faserhaut zu verschmelzen.

Ueber den Nervenring hinaus konnte ich, wie bereits bei den kleinen Tasthaaren erwähnt worden ist, nie eine Spur von Nervenfasern wahrnehmen. Ich glaube deshalb diesen Ring in Verbindung mit der Glashaut, wenn auch bei der ungeheuren Schwierigkeit des Untersuchungsobjectes mit gewisser Reserve, als terminalen Tastapparat dieser Tasthaare erklären zu müssen, wenigstens so lange es nicht gelingt, Nervenfasern über ihn hinaus zu verfolgen.

An den auf Taf. I, Fig. 5, sowie Taf. II, Fig. 2 dargestellten Tasthaaren ist der Nervenverlauf innerhalb des Balges ersichtlich.

Auf Taf. II, Fig. 5 habe ich ein Segment des Nervenverlaufes sammt dem Ringe in Verbindung mit einem Segmente der Glashaut dargestellt.

Alle Tasthaare, welche wir bis jetzt betrachtet haben, vom winzigen Tasthärchen der Flughaut der Chiropteren begonnen, bis zu der schon gewaltigen, zuletzt betrachteten Tasthaarform, gehören zu der Grundform, welche ich früher als Tasthaare mit entwickeltem Wurzelzellkörper bezeichnet habe; bei allen gehen die Faserbündel des Haarschaftes strahlig besenförmig auseinander, und gehen unmittelbar in die Zellen des Wurzelzellkörpers über.

Es bleibt uns nun noch eine Reihe von Tasthaaren zur Betrachtung übrig, bei denen der Wurzelzellkörper gradatim kleiner und kleiner wird, während gleichzeitig in demselben Maasse die Wurzelscheide an Ausdehnung zunimmt, und welche einen ganz allmählichen Uebergang von den Tasthaaren der erst beschriebenen Grundform zu denen mit gewöhnlicher Haarform und entwickelter Wurzelscheide, wie sie ausschliesslich allen Beobachtern über Tasthaare zum Objecte ihrer Beschreibungen gedient haben, bilden.

Wenn ein reichhaltiges Material zu Gebote steht, und man in der Anfertigung zahlreicher Präparate keine Mühe scheut, so gelingt es leicht, eine Reihe von Tasthaaren zusammenzustellen, an denen man von Schritt zu Schritt einen ganz allmählichen Ueber-

gang der einen Grundform der Tasthaare in die andere nachweisen kann.

Während bei der eben vorher beschriebenen Tasthaarform das untere Ende des strahlig zerfaserten Haarschaftes im oberen Drittheil oder in der Mitte des Haarbalges gelegen ist, findet man andere Tasthaare, bei denen das betreffende Ende des Haarschaftes gradatim tiefer und tiefer nach abwärts gefunden wird. Dadurch wird nun im selben Maasse der compacte Theil des Wurzelzellkörpers immer mehr und mehr reducirt, während sich seine obere Partie in die äussere Wurzelscheide umwandelt, welche hierdurch, sowie auch die innere Wurzelscheide im gleichen Maasse, an Ausdehnung gewinnt.

Ein derartiges Tasthaar des Igelrüssels habe ich auf Taf. II, Fig. 1 im reinen Längsschnitt dargestellt.

Gehen wir noch weiter, so finden wir Tasthaare, bei denen das untere Ende des Haarschaftes bis zum Grunde des Haarbalges herabsteigt. Vom soliden Wurzelzellkörper ist bei solchen Tasthaaren nur mehr ein winziger Rest vorhanden; an die Stelle des ganzen übrigen oberen Theiles des Wurzelzellkörpers ist die mächtig entwickelte äussere Wurzelscheide getreten, dem entsprechend steigt auch die innere Wurzelscheide tief herab, welche in ihren unteren Partien einer siebförmig durchbrochenen, oder gegitterten Membran ähnlich ist.

Ein derartiges Tasthaar zeigt Taf. II, Fig. 2 von der Oberfläche durchscheinend gezeichnet, nur die äussere Faserhaut und der cavernöse Körper sind im Schnitt dargestellt.

Von dieser zuletzt geschilderten Tasthaarform brauchen wir nur einen Schritt weiter zu machen, so kommen wir auf Tasthaare, bei denen sich vom Wurzelzellkörper keine Spur mehr vorfindet, an dessen Stelle der Haarbulbus aus kleinen flachen, rundlichen Zellkernen zusammengesetzt tritt, und mit dem die äussere Wurzelscheide, welche nun die ganze Länge der Haarwurzel einnimmt, nur durch eine ungemein schmale, oft schwer wahrnehmbare Schicht zusammenhängt, kurz mit anderen Worten, wir haben ein Tasthaar vor uns, welches die gewöhnliche Haarform besitzt, mit Haarzwiebel und entwickelter Wurzelscheide. Alle übrigen Texturverhältnisse, was den Balg, den cavernösen Körper, den Nervenapparat und alles andere anbelangt, sind bei diesen zuletzt betrachteten Tasthaarformen genau dieselben, wie bei den vorher beschriebenen, weshalb

ich sie, um Wiederholungen zu vermeiden, übergehe. Der einzige Unterschied ist der, dass man an die Stelle des Wurzelzellkörpers jener Tasthaare nur die Wurzelscheide bei diesen letzteren zu substituiren hat.

Ein solches Tasthaar der zuletzt beschriebenen Art ist auf Taf. II, Fig. 3 im reinen Längsschnitt dargestellt.

Ich möchte hier noch bemerken, dass sämmtliche auf beiden Tafeln dargestellten Tasthaare dem Rüssel eines einzigen riesigen Igels entnommen sind, welcher im Spätherbste getödtet wurde.

Auf diese Weise hatte ich einen ganz allmählichen Uebergang von den winzigen Tasthärchen der Chiropterenflughaut durch alle möglichen Form- und Grössenvariationen bis zu den gewaltigen Tasthaaren grosser Säugethiere verfolgt und sowohl durch den analogen Bau, als durch eine ganz enorme Reihe ganz allmählicher Uebergangsformen nachgewiesen, dass die erstgenannten eben als Tasthaare aufgefasst werden müssen.

Ich will zum Schlusse in aller Kürze die Resultate meiner mehrjährigen Arbeiten recapituliren, sie lassen sich etwa in Folgendem zusammenfassen:

1. Es giebt ausser an der Schnauze an verschiedenen Körperstellen verschiedener Säugethiere Tasthaare von mitunter winziger Kleinheit, so z. B. in der Flughaut der Fledermäuse, am äusseren Ohre der Mäuse und Igel.

2. Diese kleinen Tasthaare haben keinen sogenannten cavernösen Körper; er ist somit für Tasthaare nicht unentbehrlich.

3. Der Bau dieser kleinen Tasthaare weicht von der gewöhnlichen Haarform ab; sie besitzen statt Haarzwiebel und Wurzelscheide einen soliden Wurzelzellkörper.

4. Ebenso gebaute kleine Tasthaare finden sich auf der Schnauze der Säugethiere, zunächst am Igelrüssel, ja es sind bei dem letztgenannten Thiere sämmtliche Haare des Rüssels Tasthaare.

5. Es finden sich an der Schnauze der Säugethiere grosse Tasthaare mit verdecktem Balg und entwickeltem cavernösen Körper etc., welche dieselbe Grundform wie die kleinen mit Wurzelzellkörper besitzen.

6. Es giebt allmähliche Uebergangsformen der kleinen Tasthaare mit unverdecktem Balg und ohne cavernösen Körper, zu den grösseren, welche diese Gebilde besitzen.

7. Desgleichen giebt es allmähliche Uebergangsformen von den

grossen Tasthaaren der ersten Grundform zu jenen, welche die gewöhnliche Haarform besitzen.

8. Die sogenannte compacte Lage der Balken des cavernösen Körpers ist ein Analogon der inneren Faserhaut.

9. Der cavernöse Körper liegt zwischen den beiden Faserhäuten.

10. Die Balken des cavernösen Körpers sind das Analogon des lockeren Bindegewebes, welches bei kleinen Tasthaaren die beiden Faserhäute verbindet.

11. Die innere Wurzelscheide ist eine unmittelbare Fortsetzung der Oberhaut der Cutis und scheint sich in das Oberhäutchen des Haares fortzusetzen.

12. Die äussere Wurzelscheide, wie bekannt eine Fortsetzung des Rete malpighi, bildet bei den Tasthaaren der ersten Grundform nach abwärts einen soliden Zellkörper, und setzt sich durch dessen Vermittlung unmittelbar in die Faserzellen der Corticalsubstanz des Haares fort.

13. Die Glashaut zerfällt bei der Mehrzahl der Tasthaare in flache Bänder, welche den Zellen der äusseren Wurzelscheide oder des Wurzelzellkörpers unmittelbar aufliegen.

14. Der nervöse Tastapparat besteht, soweit sich bis jetzt ermitteln liess, bei den Tasthärchen der Flughaut der Fledermäuse aus einem Nervenring und partieller Umwicklung des Wurzelzellkörpers mit Nervenfasern, bei den Tasthaaren im Ohre der Mäuse aus Nervenring und Knäuel; bei allen übrigen Tasthaaren aus dem Nervenring, mit dem die modificirte Glashaut in Verbindung tritt.

Erklärung der Tafeln XI—XII.

Tafel XI.

Fig. 1. Ein ganz kleines Tasthaar aus dem Igelrüssel mit riesenmässig entwickelten Talgdrüsen, von der Oberfläche betrachtet. a) Haarschaft. b) Oberhaut der Culis. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüse von Blutcapillaren umsponnen. e) Wurzelzellkörper, an dessen Oberfläche die Bänder der Glashaut sichtbar sind, und in dessen oberstem Theile das zerfaserte untere Ende des Haarschaftes durchschimmert. f) Nervenring. g) Nervenstämmchen, die sich zu demselben begeben. Die beiden Faserhäute sind nur im Schnitt den Wurzelzellkörper umschliessend angedeutet.

Fig. 2. Ein um Weniges grösseres Tasthärchen des Igelrüssels, im reinen Längsschnitte dargestellt. a) Haarschaft. b) Oberhaut. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüsen. e) Wurzelzellkörper. f) Nervenring. g) Unteres Ende des Haarschaftes. h) Innere Faserhaut. i) Aeussere Faserhaut.

Fig. 3. Ein etwas grösseres Tasthärchen des Igelrüssels, von der Oberfläche dargestellt. a) Haarschaft. b) Oberhaut. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüse. e) Wurzelzellkörper, von den Bändern der Glashaut bekleidet. f) Nervenring, zu dem sich von oben zwei Nervenstämmchen begeben. g) Durchschimmerndes unteres Ende des Haarschaftes. h) Innere Faserhaut. i) Aeussere Faserhaut. Zwischen beiden liegt das Blutgefässnetz. k) Papille.

Fig. 4. Ein noch grösseres Tasthärchen des Igelrüssels, von der Oberfläche betrachtet, theilweise durchscheinend gezeichnet. Die Häute des Balges im Schnitt dargestellt. a) Haarschaft. b) Oberhaut. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüse. e) Wurzelzellkörper. f) Nervenring. g) Durchschimmerndes unteres Ende des Haarschaftes. h) Innere Faserhaut, deren unteres Dritttheil sehr deutlich querfaserig ist. i) Aeussere Faserhaut. k) Zwischen beiden letztgenannten gelegene Blutlacunen. l) Ringsinus. m) Ringwulst. n) Zum Haarbalg tretender Nervenstamm. o) Papillen.

Fig. 5. Ein noch etwas grösseres Tasthärchen des Igelrüssels mit schon entwickelterem Lacunensystem zwischen beiden Faserhäuten, in derselben Weise dargestellt wie Fig. 4. a) Haarschaft. b) Oberhaut. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüse. e) Wurzelzellkörper. f) Innere Faserhaut. g) Aeussere Faserhaut. h) Zwischen diesen beiden gelegenes Lacunensystem oder sogenannter Schwammkörper. i) Ringsinus. k) Ringwulst. l) Nervenstamm. m) Nervenring. n) Papille.

Fig. 6. Ziemlich grosses Tasthaar aus dem Igelrüssel mit entwickeltem sogenanntem Schwammkörper, im reinen Längsschnitt gezeichnet. a) Haarschaft. b) Oberhaut. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüsen. e) Wurzelzellkörper. f) Innere Wurzelscheide. g) Aeussere Wurzelscheide. h) Innere Faserhaut. i) Aeussere Faserhaut. k) Schwammkörper. l) Ringsinus. m) Ringwulst. n) Nervenstamm. o) Nervenring. p) Papille.

Tafel XII.

Fig. 1. Ein starkes Tasthaar des Igelrüssels, mit wenig entwickeltem Wurzelzellkörper, im Längsschnitte gezeichnet. a) Haarschaft. b) Oberhaut. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüse. e) Wurzelzellkörper. f) Innere Wurzelscheide. g) Aeussere Wurzelscheide. h) innere Faserhaut. i) äussere Faserhaut. k) Schwammkörper. l) Ringsinus. m) Ringwulst. n) Längsnervenfasern. o) Nervenring. p) Nervenstamm. q. Papille.

Fig. 2. Ein mächtiges Tasthaar des Igelrüssels, bei dem der Wurzelzellkörper auf ein Minimum reducirt ist. Von der Oberfläche theilweise durchscheinend gesehen dargestellt, die Häute des Balges und der Schwammkörper im Schnitte. a) Haarschaft. b) Oberhaut. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüse. e) Wurzelzellkörper. f) Innere Wurzelscheide. g) Aeussere Wurzelscheide. h) Innere Faserhaut. i) Aeussere Faserhaut. k) Schwammkörper. l) Ringsinus. m) Ringwulst. n) Nervenstamm. o) Nervenring. p) Papille.

Fig. 3. Eines der stärksten Tasthaare des Igelrüssels, die gewöhnliche Haarform besitzend, im Längsschnitte gezeichnet. a) Haarschaft. b) Oberhaut. c) Malpighi'sche Schicht. d) Talgdrüse. e) Innere Wurzelscheide. f) Aeussere Wurzelscheide. g) Innere Faserhaut. h) Aeussere Faserhaut. i) Schwammkörper. k) Ringsinus. l) Ringwulst. m) Nervenstamm. n) Längsnervenfasern. o) Nervenring. p) Papille. q) Haarbulbus. r) Pigment.

Fig. 4. Nervenring eines kleineren Tasthaares mit dem Nervenstämmchen und einem Stückchen der Glashaut isolirt dargestellt. a) Nervenstämmchen. b) Nervenring. c) Ein Stück der in Bänder zerfallenen Glashaut.

Fig. 5. Ein Segment des Nerventractes nebst einem damit zusammenhängenden Segmente der Glashaut eines grossen Tasthaares des Igelrüssels isolirt dargestellt. a) Nervenstamm. b) Blasse Längsfasern, zwischen denen rundliche Kerne liegen. c) Nervenring. d) Glashaut. e) Unterste Partie derselben, mit dem deutlich querfaserigen Theile der inneren Faserhaut verschmolzen.

Ueber die Nerven der Hornhaut.

Von

Prof. H. Hoyer
in Warschau.

(Hierzu Taf. XIII.)

Im Begriffe vorliegende Arbeit der Oeffentlichkeit zu übergeben, fühle ich mich veranlasst, derselben einige Worte über ihre Entstehung und ihre Schicksale vorauszuschicken. Veranlasst wurde dieselbe durch die belangreichen Untersuchungen von Cohnheim (1866), welcher durch die Ausbildung der Vergoldungsmethode die Histologie mit einem unschätzbaren Hülfsmittel für die Erforschung der feinsten Nervenverzweigungen, insbesondere in der Hornhaut, bereichert hat. Da die damit gewonnenen Resultate meine eigenen kurz zuvor publicirten Beobachtungen nicht nur im Wesentlichen bestätigten, sondern noch um einen bedeutenden Schritt weiterführten, ja sogar die Frage nach der Nervenendigung in der Hornhaut zu einem gewissen Abschlusse zu bringen schienen, so konnte ich natürlich nicht umhin, die Cohnheim'schen Angaben alsbald nach ihrem Bekanntwerden einer näheren Prüfung zu unterziehen, zumal unsere Befunde in mehr untergeordneten Punkten doch mannigfach differirten. Die Resultate jener Arbeit gestalteten sich alsbald zu einer ziemlich umfangreichen Monographie, die, wie ich glaubte annehmen zu dürfen, um so mehr Interesse erwecken würde, als sie eine detaillirte Beschreibung der Nerven in der Hornhaut des Menschen bot, wie sie bisher noch von Niemand geliefert worden ist. Mannigfache Umstände nöthigten mich indessen, die Publication meiner Arbeit immer wieder hinauszuschieben, und ich

fühlte mich um so mehr bewogen, dieselbe noch länger zurückzuhalten, als mittlerweile eine grosse Reihe von auf denselben Gegenstand bezüglichen Arbeiten an die Oeffentlichkeit gelangte, welche die Cohnheim'schen Angaben im Wesentlichen bestätigten, theilweise aber auch rectificirten, und die mich selbst auch nöthigten, meine Untersuchungen immer wieder von Neuem aufzunehmen. Im vorigen Jahre war ich indessen durch die hiesigen Verhältnisse genöthigt, zur Erlangung eines dritten medicinischen Doctordiploms noch an einer russischen Universität zu promoviren (es geschah in Kiew) und zu diesem Zwecke veröffentlichte ich meine Hornhautarbeit zunächst in russischer Sprache. Ich hätte mich nun zwar mit einem kurzen Referate derselben in deutscher Sprache begnügen können, mehrfache Gründe haben mich indessen bewogen, dieselbe, wenn auch mannigfach emendirt, so doch immerhin in ausführlicher Darstellung hier wiederzugeben. Die Motive dazu waren folgende: Die Angaben verschiedener Forscher über die Nervenvertheilung in der Hornhaut differiren noch vielfach, selbst in den wesentlichsten Punkten, und bedürfen daher noch einer sorgfältigen kritischen Sichtung; ferner sind einige unten näher zu besprechende wichtige Verhältnisse in der Nervenausbreitung bisher noch fast gar nicht oder doch nur ganz ungenügend berücksichtigt worden; die Angaben sämmtlicher Forscher bis auf die neueste Zeit habe ich geprüft und in vorliegender Bearbeitung entsprechend berücksichtigt; dieselbe liefert ausserdem eine genaue Beschreibung der Nerven in der menschlichen Hornhaut, und endlich werden ihr auch zum ersten Male die seit langer Zeit fertig vorliegenden Zeichnungen beigefügt.

Die im Nachfolgenden dargelegten Untersuchungen stützen sich wesentlich auf die Anwendung der Vergoldungsmethode nach Cohnheim, welche die prägnantesten Präparate liefert und die subtilsten Details in der Nervenvertheilung zum Vorschein bringt. Doch für Diejenigen, welche geneigt sein sollten, die mittelst derselben erhaltenen Figuren als reine Kunstproducte zu deuten, sei hier gleich hervorgehoben, dass ich keines der Wissenschaft bisher zu Gebote stehenden Hülfsmittel versäumt habe, um mich von der Congruenz der meisten durch Goldfärbung hervorgerufenen Bilder mit den Verhältnissen der Wirklichkeit zu überzeugen. Bei meinen früheren Arbeiten verfuhr ich ganz nach der von Cohnheim ertheilten Vor-

schrift, welche sich mir als die zweckmässigste bewährt hat; alle übrigen von mir versuchten Modificationen erwiesen sich als minder geeignet. Nur die von Klein in neuester Zeit geübte Methode bietet wesentliche Vortheile, doch habe ich mich nicht davon überzeugen können, dass sie in jeder Beziehung vor der einfacheren Cohnheim'schen den Vorzug verdiene. Ich habe vermittelst der letzteren von den verschiedensten Thierclassen die vorzüglichsten Präparate erhalten, welche fast nichts zu wünschen übrig liessen; die längere Zeitdauer, welche zur Herstellung derselben nöthig ist, kommt dabei im Ganzen wenig in Betracht. Doch muss zugegeben werden, dass man dieselbe weniger in seiner Gewalt hat, wie die Klein'sche; dass unter einer sehr grossen Anzahl von gleichmässig und sorgfältigst behandelten Hornhäuten, auch wenn sie sofort nach dem Tode auf das vorsichtigste dem Thiere entnommen werden, dennoch nur eine sehr kleine Anzahl wirklich befriedigende Resultate gewährt. Insbesondere ist es sehr selten, dass die im vorderen Hornhautepithel sich verzweigenden ungemein zahlreichen Nervenfasern bei dieser Behandlungsweise gut zur Anschauung gelangen; letztere werden in der That durch die Methode von Klein viel sicherer und ausgiebiger zum Vorschein gebracht. Dagegen gebe ich der Cohnheim'schen Methode den Vorzug, wenn es sich darum handelt, die Nerven der Corneasubstanz und insbesondere die unten näher zu beschreibenden dichten und zarten subepithelialen Nervengeflechte in allen ihren Details hervorzurufen.

Das wesentliche Moment bei der Vergoldungsmethode besteht in der gleichmässigen Durchtränkung der ganzen Hornhaut mit der entsprechenden Lösung. Anstatt des einfachen Goldchlorids habe ich häufiger das Goldchloridkalium in gleichen Lösungsverhältnissen angewandt (0,5 %), weil das letztere Salz meist in viel gleichmässigerer Beschaffenheit in den Handel gelangt. Es ist vollkommener neutral, in schönen trockenen rein goldgelben Krystallen und hält sich auch in Lösungen längere Zeit ohne Zersetzung; im Uebrigen wirkt es ganz wie reines Goldchlorid. Eine gut imbibirte Hornhaut erscheint noch mässig durchsichtig und durch und durch gleichmässig goldgelb gefärbt; im Innern trüb und weisslich bleibende Hornhäute werden sich auch bei längerem Verweilen in der Lösung nicht gleichmässig färben und geben alsdann auch niemals ganz befriedigende Präparate. Die individuellen Verschiedenheiten bei den einzelnen Thieren sind in

dieser Beziehung sehr gross und lassen sich dafür durchaus keine bestimmten Ursachen nachweisen. Im Allgemeinen genügt bei kleineren Thierchen (Kaninchen, Meerschweinchen) der Aufenthalt von ½ bis 1 Stunde in der Lösung, um eine gute Durchtränkung zu erhalten; die dickeren Hornhäute grösserer Thiere bedürfen zu ihrer völligen Imbibition eines längeren Zeitraumes, respective einer concentrirteren Lösung, doch ist es mir an den Hornhäuten vom Rinde, ja sogar vom Kalbe niemals gelungen, eine völlig gleichmässige Durchtränkung und dem entsprechend eine ganz befriedigende Färbung der ganzen Hornhaut zu erzielen. Von der menschlichen Hornhaut erhielt ich sehr schöne Präparate vermöge einer 2- bis 5-stündigen Behandlung der möglichst bald nach dem Tode oder nach der operativen Exstirpation des Augapfels ausgeschnittenen Membran in 0,5 procentiger, mit Essigsäure schwach angesäuerter Lösung von Goldchloridkalium. Eine solche Ansäuerung hat zwar den Vortheil, dass die Hornhäute weniger schrumpfen und schönere Schnitte (insbesondere Querschnitte) anzufertigen gestatten, doch wollte es mir scheinen, als ob sie auf den Process der Reduction selbst entweder keinen oder sogar einen nachtheiligen Einfluss ausübe, wenigstens liessen an so behandelten Präparaten die intraepithelialen Nervenfaserverzweigungen sich nicht so schön hervorrufen als ohne die Säure.

Bei dickeren Hornhäuten hält es sehr schwer, das ungemein störende Nachdunkeln der bereits angefertigten Präparate zu verhüten, indessen besitze ich Flächenschnitte der vorderen Schichten menschlicher Hornhäute, welche in canadischen Balsam eingeschlossen bereits seit Jahren sich vortrefflich conservirt haben. Eine etwas verlängerte Einwirkung der Goldlösung erscheint mir zweckmässiger, als eine verhältnissmässig nur kurz dauernde; es gelingt nämlich oft in ersterem Falle gerade den Punkt zu treffen, wo in Folge der starken Einwirkung auf das übrige Gewebe der Hornhaut das Chlorgold in demselben nur wenig reducirt wird, während die Nervenfasern noch eine dunkel blauschwarze Färbung annehmen und von den umgebenden Theilen sich deutlich abheben. Bei zu kurzer Einwirkung der Goldlösung werden einerseits die Nervenfasern nicht stark genug gefärbt, andererseits quillt die ganze Hornhaut beim nachfolgenden Aufenthalt in Wasser (besonders in angesäuertem) stark auf und nimmt eine diffuse rothblaue Färbung an. War umgekehrt die Einwirkung der Goldlösung eine zu langdauernde und

intensive, so wird das Gold von den einzelnen differenten Gewebstheilen nicht mehr in der ihnen eigenthümlichen Weise reducirt, die Cornea bleibt in ihrer Totalität gelb.

Um die intraepithelialen Nervenverzweigungen gut zum Vorschein zu bringen, hat sich mir eine andere Methode noch besser bewährt, als die von Klein in Anwendung gebrachte. Nachdem nämlich die gut imbibirte Hornhaut durch 16- bis 24-stündigen Aufenthalt (bei kühlerer Temperatur auch länger) in 1 bis 2 Unzen destillirten Wassers sich schwach graublau zu färben begonnen hat, setze ich dem Wasser 1 bis 2 Tropfen einer Pyrogallussäure enthaltenden photographischen Hervorrufungsflüssigkeit[1]) hinzu und lasse dieselbe $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde lang einwirken. War vorher ein Schnitt von der vorderen Hornhautfläche unter dem Mikroskope genau untersucht und dabei auch keine Spur von Nervenenden in dem Epithel wahrgenommen worden, so sieht man jetzt ganz vortrefflich die zarte und ungemein reiche Nervenausbreitung, wie sie in der Weise durch die einfache verlängerte Maceration in reinem oder angesäuertem Wasser nur äusserst selten zum Vorschein gebracht wird. Eine entsprechende Modification dieser Methode, etwa in Verbindung mit dem gleichfalls genauer anzupassenden Verfahren von Hénocque und Klein (Behandlung des in gewöhnlicher Weise mit Goldlösung imbibirten Präparates, nach 12- bis 24-stündiger Maceration in Wasser, mit einer erwärmten concentrirten Weinsäurelösung bis zur völligen Reduction des Goldsalzes, am Besten in der Temperatur des Brütofens) dürfte vielleicht gute Dienste leisten bei Erforschung der Nervenendigungen in anderen Körpertheilen.

Die Schnitte, welche ich von vergoldeten Hornhäuten anfertigte, waren meist horizontale, theilweise auch senkrechte; zur Untersuchung der gröberen Nervenvertheilung wurden auch ganz unversehrte und entsprechend durchsichtig gemachte Hornhäute verwandt. Die Schnitte wurden theils in Glycerin eingeschlossen, theils auch in Dammarlack oder canadischem Balsam aufbewahrt.

Ausser der Vergoldungsmethode benutzte ich zur Controlle meiner Beobachtungen verdünnte Essigsäure, Holzessig und die von mir früher verwandte Mischung von Chrom- und Salzsäure. Wie

---

1) J. Gerlach, Die Photographie als Hülfsmittel der mikroskopischen Forschung. Leipzig 1863.

wir unten sehen werden, gelang es mir vermöge dieser Methoden, die aus der Corneasubstanz heraustretenden und an der Unterfläche des Epithels sich ausbreitenden Nervenfibrillen beim Frosche vollständig zu isoliren und ihren Eintritt in das Epithel unzweifelhaft zu verfolgen. Die Nerven der Froschhornhaut lassen sich aber auch sehr wohl nach Engelmann's Vorgang frisch in Humor aqueus suspendirten Präparaten in der feuchten Kammer untersuchen, insbesondere nachdem durch einen halb- bis mehrstündigen Aufenthalt in der letzteren die feineren Gewebselemente deutlicher zum Vorschein gebracht sind (wahrscheinlich in Folge von leichter Quellung der Grundsubstanz). Auch an frischen Hornhäuten warmblütiger Thiere lassen sich die Resultate der Vergoldungsmethode sehr wohl controlliren, indem einerseits die Verzweigungen und Plexusbildungen der gröberen Stämme an ganzen Hornhäuten kleinerer Thiere mittelst schwächerer Vergrösserungen sehr wohl zu erkennen sind und anderweite Flächenschnitte mittelst scharfen Messers angefertigt und in Humor aqueus eingeschlossen die Untersuchung auch der feineren Verzweigungen sehr wohl gestatten.

Meine Arbeiten erstreckten sich, wie aus dem Folgenden hervorgeht, auf Exemplare aus allen Classen des Wirbelthierreiches; die meisten Beobachtungen machte ich jedoch an den Hornhäuten von Kaninchen, als dem am leichtesten zu beschaffenden Materiale, welches bei Anwendung der Goldmethode die verhältnissmässig besten Resultate gewährt.

1. Die Nerven der Hornhaut beim Menschen und bei Säugethieren.

Die Nerven der Hornhaut stammen fast ausschliesslich von den Ciliarnerven ab. Die letzteren durchbohren in schräger Richtung die Sclera an ihrem hinteren Umfange und verlaufen zwischen dieser und der Choroides nach vorn zum Ciliarmuskel. In letzterem theilen sie sich in Aeste, von denen die einen den Muskel selbst versorgen, andere zur Iris sich fortsetzen und andere endlich nicht weit vom Rande der Cornea wiederum in die Sclera sich einsenken. In derselben angelangt, theilen sich die Nerven abermals in zahlreiche dünnere und stärkere Aeste, von denen die benachbarten plexusartig untereinander sich verbinden und somit ein die Cornea ringartig einschliessendes Geflecht bilden.

Den eigenen Nerven der Sclera habe ich zwar eine besondere Aufmerksamkeit nicht zugewandt; bei mehrfachen hierauf bezüg-

lichen Versuchen vermochte ich indessen weder an Holzessigpraparaten von Menschenaugen, noch auch an wohlgelungenen Vergoldungspräparaten von albinotischen Kaninchenaugen etwas derartiges zu entdecken, was mit Bestimmtheit als eigenthümlich der Sclera zugehörende Nerven angesprochen werden könnte. Zwar fand ich hin und wieder einzelne, aus ein oder mehreren markhaltigen Fasern bestehende Aestchen, die von den Ciliarnerven bei ihrem Durchtritt durch die Sclera sich abzweigten und innerhalb derselben weiterzogen, doch verliefen diese Nerven ohne weitere Verzweigung in gerader Richtung nach dem Hornhautrande zu, in dessen Nähe sie durch andere Gewebsbestandtheile verdeckt der weiteren Verfolgung sich entzogen; nur hin und wieder beobachtete ich einzelne markhaltige Fasern, die im weiteren Verlaufe blass wurden, sich einige Male theilten und schliesslich einfach blind zu endigen schienen, doch war hierbei eine Täuschung durch unvollständige Tinction der Fasern nicht ausgeschlossen. — Die zwischen Sclera und Choroides verlaufenden Aestchen der Ciliarnerven sind zwar in rinnenartigen Vertiefungen der Sclera eingebettet und zuweilen nach Innen zu selbst noch von einer dünnen Schicht des Scleragewebes überzogen, deshalb dürfen sie aber doch nicht als der Sclera zugehörig angesehen werden. Ein von dem oben beschriebenen abweichendes Verhalten der Ciliarnerven beim Kaninchen habe ich, entgegen den Beobachtungen von Rahn und Helfreich, nicht zu constatiren vermocht.

Während der grösste Theil der in die Sclera wieder eintretenden Ciliarnerven in die Cornea hinein sich fortsetzt, durchbrechen einzelne stärkere und dünnere Zweige die Sclera in ihrem vorderen Abschnitte zum zweiten Male vollständig und in schräger Richtung, um zur Conjunctiva weiterzuziehen und deren nervenreichen die Cornea umgebenden Abschnitt mit Nervenfasern zu versorgen. Es scheint mir, dass der grössere Theil der im Limbus conjunctivae vorkommenden und von hier aus auch auf die Cornea übertretenden Nervenfasern von jenen Zweigen der Ciliarnerven abstamme.

Von dem die Cornea kranzartig umfassenden Nervengeflecht in der Sclera zweigen sich nun zahlreiche stärkere und feinere Aestchen ab und dringen nach kurzem Verlaufe und häufiger Theilung von allen Seiten in die Cornea ein. Die gröberen Aeste verlaufen dabei näher der Hinterfläche der Hornhaut, jedoch nicht tiefer, als bis etwa zum dritten Viertheil von deren Dicke, während der Uebertritt der mittelstarken und feinsten Aestchen entsprechend näher der

Vorderfläche statt hat. Ich zählte zu wiederholten Malen an vergoldeter Cornea von Menschen und Kaninchen, nach Ablösung des Epithels, gegen 60 eintretende Nervenstämmchen. Davon war etwa die Hälfte von mittlerer Stärke, dieselben enthielten bei einer Dicke von 0,02—0,03 mm. gegen 6 markhaltige Fasern; ein Viertheil dagegen bestand aus ganz starken Stämmchen bis zu 0,055 mm. Dicke mit 12 und selbst mehr Fasern, und ein anderes Viertheil gehörte zu den feineren und feinsten Aestchen von nur etwa 0,006 mm. Dicke mit drei, zwei und selbst nur einer Faser. Diese letzteren erschienen bei ihrem Eintritt in die Cornea zum Theil bereits marklos, insbesondere die von der Conjunctiva aus eindringenden.

Die Nervenästchen verlaufen zwar radienartig gegen das Centrum der Hornhaut zu, aber in ihrem Verlaufe theilen sie sich vielfach dichotomisch, wobei sie natürlich immer mehr an Umfang abnehmen, während die benachbarten Zweige, unter einander und mit den zwischen den Vorderschichten der Cornea eintretenden Aestchen communicirend, die bereits innerhalb der Sclera begonnene Plexusbildung fortsetzen und dadurch ein die ganze Hornhaut durchziehendes mehrschichtiges Geflecht herstellen. Häufig findet man auch ziemlich starke Aestchen, welche gleich nach dem Eintritt in die Cornea vom Stamme sich abzweigen und am Hornhautrande eine Strecke weit entlang laufen, um darauf einem benachbarten von der Sclera aus eintretenden stärkeren Nervenästchen Fasern zu übermitteln, aber nicht in die Sclera zurückzugehen, wie einzelne Forscher geglaubt haben.

Die aus dickeren Aesten hervorgehenden und ziemlich weitmaschigen hintersten Schichten des Geflechtes finden sich natürlich fast nur an den peripherischen Theilen der Hornhaut, da die durch Abgabe von nach vorn (d. h. gegen die Hornhautoberfläche) sich wendenden Aesten consecutive an Stärke abnehmenden Stämmchen bei ihrem radiären Verlauf sich ebenfalls der Vorderfläche der Hornhaut allmälig nähern und schliesslich im centralen Theile derselben mit den Aesten der mittleren Schichten zu dem etwas mehr engmaschigen und dünnästigen Geflecht sich vereinigen. In Folge dieser Anordnung entbehren daher die hintersten Schichten der Hornhaut fast gänzlich der Nerven, wie dies von sämmtlichen Forschern (mit Ausnahme von Strube) constatirt worden ist; nur verhältnissmässig selten fand ich, insbesondere beim Meerschweinchen, einzelne Fibrillen oder dünnste Aestchen in der Nähe der Desce-

met'schen Haut verlaufen und dem Anscheine nach frei endigen. (Näheres über diese Fasern siehe weiter unten im kritisch-historischen Abschnitt.)

Die von oberflächlicheren und tieferen Geflechten sich abzweigenden feineren und feinsten Zweige bilden endlich zusammen mit den von der Sclera und Conjunctiva in die vordersten Schichten der Cornea eintretenden dünnen Nervenästchen ein ganz nahe der Oberfläche sich ausbreitendes ziemlich engmaschiges Geflecht: das sogenannte „Nervenendnetz" der Autoren. Dasselbe bildet nicht eine zusammenhängende, zwischen den vordersten Hornhautschichten gleichmässig ausgebreitete Lage, sondern einzelne Maschen liegen tiefer, andere dicht an der oberflächlichen sogenannten elastischen Lamelle („vordere Basalmembran" nach Henle); die einen bestehen aus dünneren, die anderen aus etwas stärkeren Aestchen.

Die markhaltigen Fasern der zur Cornea tretenden Nerven setzen sich als solche noch eine kleine Strecke weit in das Gewebe der letzteren fort (etwa bis zu 0,3—0,5 mm.) und verlieren dann sämmtlich ihr Mark. Insbesondere findet man die markhaltigen Fasern in den stärkeren und tiefer verlaufenden Stämmchen, wo die Fasern oft alle gleichzeitig marklos werden; doch trifft man auch zahlreiche gemischte Nerven, insbesondere in den mittleren Schichten des Hornhautrandes, in welchen einzelne Fasern schon marklos aus der Sclera in die Cornea übertreten, während andere oft sogar noch bis zur zweiten Theilung des Nerven ihre Markscheide conserviren. Die ganz oberflächlich verlaufenden, aus wenigen Fasern bestehenden Nervenästchen, welche zum grossen Theile aus der Conjunctiva stammen, sind bereits fast sämmtlich schon in den letzteren marklos geworden. — Die mit einer sich noch deutlich markirenden bindegewebigen Scheide (Neurilemma) versehenen Aestchen verlieren dieselbe sehr bald nach ihrem Eintritt in die Hornhaut, indem die Scheide immer mehr sich verdünnt und schliesslich in ähnlicher Weise wie die Sclera mit dem Hornhautgewebe zusammenfliesst. Die die einzelnen Fasern vereinigende Neuroglia dagegen setzt sich noch weiter fort und begleitet die Nerven auch noch nach ihrem Zerfall in feinste Fäserchen bis zu ihrem Durchtritt durch die vordere Basalmembran der Hornhaut, während wiederum die sogenannte Schwann'sche Scheide der Nervenfasern gleichzeitig mit der Markscheide aufzuhören und mit der Neuroglia zusammenzufliessen scheint.

Die aus der Sclera in die Cornea sich fortsetzenden Nervengeflechte lassen bald nach dem Eintritt nicht nur eine Zusammensetzung aus markhaltigen Fasern erkennen, sondern die letzteren zerfallen oft unmittelbar, oft erst nachdem sie noch eine ziemliche Strecke weit (zum Theil über die ersten Kreuzungspunkte hinaus) als deutlich erkennbare marklose „Axencylinder" sich fortgesetzt haben, in eine grosse Anzahl feinster, an Goldpräparaten mit zarten Varicositäten versehener, Fäserchen. Für diese letzteren, aus der Zerspaltung von Axencylindern hervorgegangenen Bestandtheile der Nervenfasern dürfte wohl die von manchen Autoren gebrauchte Bezeichnung als „Axencylinder" nicht mehr als zutreffend zu erachten sein; ich werde sie daher weiterhin als Fibrillen bezeichnen. Der Ausdruck „Primitivfibrillen" erscheint für dieselben gleichfalls nicht zutreffend, da sie im weiteren Verlaufe sich oft wiederholt theilen und in noch ungleich zartere Fäserchen zerfallen.

Nicht nur die stärkeren und mittelstarken Aestchen der Geflechte in den mittleren und tieferen Schichten der Cornea zeigen sich aus derartigen Fibrillen zusammengesetzt, insbesondere an den Knotenpunkten, wo sie sich auf das mannigfachste durchkreuzen, aber auch in den dünnen Aestchen und Knotenpunkten des vordersten engmaschigen Geflechts (des sogenannten „Endnetzes") lässt sich die Zusammensetzung aus mehr weniger zahlreichen Fibrillen an gut gelungenen Präparaten auf das evidenteste darthun, insbesondere in der Hornhaut von Meerschweinchen, wo die Aestchen dieses Geflechts im Allgemeinen stärker sind, als wie bei anderen Thieren. Nach dem Durchtritt durch die Knotenpunkte vereinigen sich zwar die zahlreichen Fibrillen oft wieder zu einer geringeren Anzahl scheinbar solider stärkerer „Axencylinder", indessen liegt hier nicht sowohl eine wirkliche Verschmelzung, als vielmehr nur eine innigere Aneinanderlagerung vor, indem beim Durchtritt so verdickter Fasern durch einen zweiten Knotenpunkt die fibrilläre Zusammensetzung derselben wieder deutlich zum Vorschein kommt. In den Knotenpunkten durchflechten sich die Fibrillen in der mannigfachsten Weise; es findet darin nicht etwa eine blosse Kreuzung, sondern ein förmlicher Austausch von Fibrillenbündeln und einzelnen Fibrillen zwischen den verschieden starken Strahlen des Knotens statt. Häufig sieht man einzelne feinere oder gröbere Fibrillen bogenförmig um den Knotenpunkt herumziehen; dieselben verbinden die Aestchen unter einander auf einem kürzeren Wege und liefern

so den besten Anhalt für das Verständniss des Wesens der Knotenpunkte. Dergleichen abbiegende und nach Bildung einer einfachen Schlinge zum Stamme wieder zurückkehrende Fibrillen sieht man auch oft im Verlaufe der gröberen und feineren Aeste des Geflechtes.

Die in allen Theilen des beschriebenen Nervengeflechtes vorkommenden Kerne sind wohl unzweifelhaft zu betrachten als Bestandtheile der die Fibrillen vereinigenden Neuroglia. Man findet sie sowohl in den gröberen Aestchen in Form von kleinen stäbchenförmigen Gebilden, als auch in den drei- und mehreckigen Anschwellungen der Knotenpunkte, wo sie oft zu zweien und dreien angetroffen werden. Dieselben erscheinen hier meist etwas grösser als die vorerwähnten und zeigen gewöhnlich eine ovale abgeplattete oder rundlich dreieckige Gestalt. Die einen sowohl wie die anderen werden gewöhnlich durch Gold schwach violett gefärbt. Die Gegenwart solcher Kerne in den Knotenpunkten des vorderen dichten Geflechtes hat His und andere Forscher veranlasst, denselben die Bedeutung von Ganglienzellen zuzuschreiben. Die Kerne finden sich in diesem oberflächlichen Geflechte zwar auch noch sehr häufig vor, aber nicht überall; in den feinsten Aestchen desselben, so wie in vielen kleineren Knotenpunkten und den zur Epithelschicht emporsteigenden, gleich zu beschreibenden Zweigen sind sie meist nicht mehr wahrzunehmen; ebenso fehlen sie ganz in den im Epithel weiterhin sich ausbreitenden Fasern und Geflechten.

Von dem oben näher beschriebenen oberflächlichen Nervengeflecht, und insbesondere von dessen Knotenpunkten, treten zahlreiche feinere und stärkere und, entsprechend der mehr oberflächlichen oder tieferen Lage des zugehörigen Knotenpunktes, kürzere oder längere Aestchen mehr weniger schräg an die Oberfläche der eigentlichen Hornhautsubstanz, und indem sie die vordere elastische Lamelle oder Basalmembran derselben durchbohren, kommen sie mit der tiefsten Schicht des Epithels in unmittelbare Berührung. Diese durchbohrenden Aestchen zeigen sich an guten Goldpräparaten noch deutlich aus mehrfachen, je nach ihrer Dicke der Zahl nach differirenden Fibrillen zusammengesetzt. Bei Kaninchen und besonders bei der Maus enthalten viele der durchbohrenden Aestchen eine dem Myelin ähnliche und in verdünnten Säuren stark quellende Substanz, welche die Fibrillen einhüllt. Kurz vor dem Durchtritt durch die Basalmembran theilen sich die durchbohrenden Aestchen häufig noch in

mehrere ganz kurze Zweige. An den peripherischen Theilen der Hornhaut finden sich vorzugsweise dünnere durchbohrende Aestchen, nach dem Centrum zu überwiegen dagegen die stärkeren Bündel.

Die unter dem Epithel angelangten durchbohrenden Nerven zerfallen, wie Cohnheim zuerst gezeigt hat, je nach ihrer Stärke in eine kleinere oder grössere Anzahl sich quastenförmig ausbreitender Fibrillen. Dieselben erscheinen in den meisten Fällen einfach und mit kleinen varicösen Anschwellungen versehen, jedoch von verschiedener Stärke. An der Durchtrittsöffnung divergiren sie zwar anfangs, doch schliesslich wenden sich alle dem Centrum der Hornhaut zu und schlagen somit weiterhin wesentlich dieselbe Richtung ein. An den peripherischen Theilen der Hornhaut gehen aus den durchbohrenden Aestchen ausschliesslich nur ganz feine Fasern hervor; weiter nach dem Centrum zu werden dieselben immer stärker, bis in den mittelsten Theilen verhältnissmässig ziemlich starke, wenn auch nicht alle gleich dicke Fasern aus den durchbohrenden Aesten entspringen, welche auf ziemlich weite Strecken zu verfolgen sind. Alle diese in einer Fläche sich ausbreitenden Fasern liegen der äusseren Oberfläche der Basalmembran auf, nicht in derselben; sie stehen in unmittelbarer Berührung mit der Unterfläche der tiefsten, aus cylindrischen Zellen zusammengesetzten Epithelschicht; nur in der Nähe der Durchbohrungsstelle verlaufen noch einzelne stärkere Fasern eine kurze Strecke weit in rinnenförmigen Vertiefungen der Basalmembran. Ich werde diese Lage der Fasern weiterhin stets als subepitheliale Schicht bezeichnen. Die einzelnen Fasern werden in ihrem Verlaufe nach dem Centrum zu consecutive immer dünner und zwar durch Abgabe zahlreicher feiner theils seitlicher, theils senkrecht im Epithel aufsteigender Zweige. Die seitlichen Zweige verbinden theils die Fasern derselben Quaste netzartig untereinander, theils stellen sie aber auch Verbindungen her zwischen aneinander vorüberstreichenden Fasern benachbarter, mehr central oder peripherisch liegender Quasten, wobei die verdünnten Fasern oft an Dicke wieder zunehmen. Durch diese „Anastomosen“ wird scheinbar ein wahres, sehr dichtes, aus länglichen Maschen und verschieden dicken Fasern bestehendes „Netzwerk“ oder „Nervengitter“ hergestellt. Genauere Untersuchung gelungener Präparate lehrt aber, dass viele Fasern nicht wirklich mit einander „anastomosiren“, sondern dass zwei oder mehrere derselben sich blos kreuzen, um erst mit weiter entfernteren

sich zu verbinden. Aus im kritischen Abschnitte dieser Arbeit näher anzuführenden Gründen finde ich mich aber ferner veranlasst, auch diese Verbindungen nicht als wirkliche Anastomosen von Fibrillen und die ganze subepitheliale Nervenschicht als ein wahres Nervennetz anzusehen, vielmehr halte ich dieselbe gleich Engelmann für einen blossen Plexus von stärkeren und dünneren Fibrillenbündeln.

Die von allen Seiten nach dem mittleren Theile der Hornhaut ziehenden stärkeren Fasern fliessen schliesslich zu einem mässig dichten, nicht ganz im Centrum der Cornea, sondern mehr seitwärts (der Nase zu) gelegenen Plexus zusammen, dessen Maschen von einem dichteren und sehr feinfaserigen Geflecht angefüllt werden. Untersucht man diese subepitheliale Nervenausbreitung an Schnitten gut gelungener Goldpräparate, welche ganze Kreissectoren umfassen, so findet man wesentliche Unterschiede zwischen der Anordnung der Fasern an der Peripherie, im Centrum und im Zwischentheile. An der Peripherie beginnt diese Ausbreitung erst ganz unmerklich am Limbus conjunctivae; unter dem Epithel der Conjunctiva sclerae selbst habe ich trotz sorgfältiger Untersuchung bestgelungener Goldpräparate nichts auffinden können, was dieser subepithelialen Nervenausbreitung in der Hornhaut entsprochen hätte. Die Fibrillen der peripherischen Nervenschicht sind fast ausnahmslos sehr fein und zart und bilden einen ziemlich gleichmässigen Plexus mit länglichen Maschen. Die Richtung der parallelen Fibrillen desselben ist aber nicht überall ganz radiär, vielmehr verlaufen die Fibrillen stellenweise ganz schräg, ja fast parallel der Peripherie und werden erst im mittleren Theile radiär. So weit ich ermitteln konnte, findet sich diese schräge Richtung nur im Bereiche des lateralen Randes der Hornhaut und steht vielleicht in genetischer Beziehung zur embryonalen Augenspalte. Es hat ganz den Anschein, als ob die Fibrillen von oben und unten nach einer dieser Spalte entsprechenden Linie zu convergiren und zwar in der Richtung von der Peripherie nach dem Centrum zu. An dieser Linie selbst, sowie an dem übrigen Hornhautrande zeigen die Fibrillen eine gleichmässiger radiäre Richtung. Dasselbe ist auch der Fall in den mittleren Theilen der Hornhaut, doch findet man, dass nach dem Centrum zu immer dickere Fibrillen aus den durchbohrenden Aesten an das Epithel herantreten und unter demselben weiterlaufen. Diese starken

Fibrillen bilden weitere Maschen, deren Zwischenräume ausgefüllt werden von einem dichten Plexus feinerer und feinster Fibrillen, welche ihren Ursprung der Verästelung jener gröberen Fibrillen verdanken. Am besten erläutert werden diese Verhältnisse durch die der menschlichen Hornhaut entnommenen Figuren 7, 8 und 9. Nahe dem centralen Theile weichen die Fibrillen zum Theil wieder von der radiären Richtung ab, verlaufen zum Theil bogenförmig und vereinigen sich schliesslich zu einem ähnlichen, aus gröberen und feineren Aestchen bestehenden Plexus, jedoch mit mehr quadratischen Maschen. Dass diese ganze subepitheliale und weiterhin auch die intraepitheliale Nervenausbreitung der Neurogliakerne ganz entbehrt, ist oben bereits erwähnt worden.

Von den Fasern des subepithelialen Plexus heben sich nun, wie Cohnheim gleichfalls zuerst gesagt hat, zahlreiche, scheinbar aus vereinzelten, aber ungleich dicken und meist varicösen Fibrillen bestehende, sehr feine Aestchen zur Hornhautoberfläche empor. Dieselben steigen zunächst zwischen den Zellen der tiefsten, aus cylindrischen Elementen bestehenden Schicht des vorderen Hornhautepithels senkrecht auf, oberhalb derselben oder zwischen den rundlichen Elementen in den mittleren Schichten des Epithels schlagen sie alsdann eine mehr horizontale Richtung ein, theilen sich auf diesem Wege häufig dichotomisch und treten endlich zwischen den platten Elementen der äusseren Epithelschichten schräg zur Oberfläche empor. Hier angelangt, endigen die Fibrillen aber nicht in der von den meisten Forschern angegebenen einfachen Weise, sondern mehr entsprechend der von Klein gelieferten Beschreibung. Sie laufen nämlich lange Strecken weit zwischen den oberflächlichsten Epithelschichten und in verschiedener Richtung geschlängelt dahin, verzweigen sich auf diesem Wege wiederholt mit Abgabe längerer oder kürzerer Aestchen, kreuzen sich sehr oft mit benachbarten, d. h. tiefer oder oberflächlicher verlaufenden Fibrillen und verbinden sich sehr häufig unmittelbar mit denselben, so dass es den Anschein erhält, als ob eine einzelne Fibrille nach längerem oder kürzerem Verlaufe und nach Bildung einer der Oberfläche des Epithels zugewandten Schlinge zur subepithelialen Schicht wieder zurückkehre. Das Ganze macht also den Eindruck einer netzähnlichen Bildung und kann es meiner Meinung nach kaum einem Zweifel unterliegen, dass die in der subepithelialen Nervenausbreitung (oder eigentlich schon in der Hornhautsubstanz)

begonnenen Plexusbildungen in dem Epithel selbst und insbesondere zwischen den oberflächlichen aus platten Zellen bestehenden Schichten einfach fortgesetzt werden. Die knopfförmigen Verdickungen an den freien Enden, sowie auch die feineren und gröberen Varicositäten der Fibrillen und endlich auch die Erscheinung von besonders verdickten Fibrillen, welche Klein als ein charakteristisches Merkmal der oberflächlichsten Nervenschicht bezeichnet, halte ich sämmtlich für Kunstproducte, erzeugt theils durch unvollkommene und ungleichmässige, theils durch zu intensive Goldwirkung. Frei an der Oberfläche flottirende Endknöpfchen, wie sie Cohnheim beschreibt, habe ich weder an vergoldeten, noch an mit aller Vorsicht gefertigten und in humor aqueus suspendirten Schnitten ganz frischer Hornhäute von Kaninchen und Meerschweinchen wahrzunehmen vermocht. Die Schnitte wurden sowohl von der Fläche aus, als auch an Faltungen sorgfältigst durchforscht. —

Obschon ich nun wiederholt die bestgelungenen Vergoldungspräparate zu untersuchen die Gelegenheit hatte, so habe ich doch niemals Bilder erhalten, wo die ganze Nervenausbreitung an der Oberfläche der Hornhaut ein wahres „Netz“ oder besser einen völlig geschlossenen Plexus gebildet hätte. Man findet stets eine grosse Anzahl wirklich frei erscheinender Enden, sei es einfach wie abgeschnitten oder mehr weniger varicös erweitert; (beim Meerschweinchen sieht man diese Enden häufig stark verdickt, fast birnförmig). Diese Enden liegen vorzugsweise oberflächlich und reichen, wie es scheint, zwischen den platten Zellen bis unmittelbar an die freie Oberfläche des Epithels heran. Es ist nicht wohl möglich, einen sicheren Beweis dafür zu liefern, dass die Existenz solcher dem Anscheine nach wirklich freier Enden eine unzweifelhafte sei, da immer noch der Vorwurf zu erheben ist, dass dieselbe bedingt sei durch unvollständige Goldwirkung und dass, im Falle es gelinge, eine vollkommene Tinction der Nerven zu erzielen, auch der intraepitheliale Plexus ein völlig geschlossener sein würde. Ich sehe mich daher genöthigt, diese Frage vorläufig noch offen zu lassen, indessen will ich hier doch hervorheben, dass wir eine ganz analoge nervöse Plexusbildung in der Corneasubstanz sogleich kennen lernen werden und dass auch an letzterer zahlreiche freie Endigungen vorkommen, welche durchaus nicht den Habitus zeigen, als ob sie aus unvollständiger Färbung einzelner Maschen des Netzwerkes hervorgegangen wären. In letzterem Falle müssten doch

nach theilweiser Unterbrechung des Verlaufes wenigstens hier und da Fortsetzungen und Verbindungen der Fasern mit anderen Maschen wahrzunehmen sein. Trotz sorgfältiger Untersuchung habe ich an gelungenen Präparaten nichts Derartiges zu constatiren vermocht und habe nur den Eindruck behalten, dass die Plexusbildung nicht eine besondere Endigungsweise der Corneanerven darstelle, vielmehr dass ihre Entstehung einfach bedingt sei durch die mechanischen Verhältnisse der verschiedenen Gewebebestandtheile der Hornhaut, welche den beim Wachsthum sich ausbreitenden Nervenfibrillen gewisse Wege anweisen. Dieselben werden bei ihrer Ausbreitung gleich den Fortsätzen der Wanderzellen, stets diejenigen Räume wählen, welche den geringsten Widerstand entgegenstellen, und in Folge dessen werden die von verschiedenen Punkten aus einander entgegenwachsenden Fibrillen sich sehr häufig in denselben Bahnen begegnen müssen, zumal wohl die früher vordringenden den später nachwachsenden die Wege bahnen. Indem nun die zusammentreffenden Fibrillen sich dicht aneinander lagern, entsteht der Anschein von einfachen netzförmigen Bildungen, ganz wie im subepithelialen Geflechte, nur gelingt es an letzterem häufig, die Zusammensetzung der stärkeren Maschen aus feineren Fibrillen noch deutlich zu erkennen, während dies bei den im Epithel sich verbreitenden Aestchen nicht mehr möglich ist. Meiner Meinung nach besteht also das Wesen der Nervenausbreitung in der Hornhaut nicht in der Bildung wahrer netzförmiger Verbindungen zwischen den Enden der Nervenfasern, vielmehr wird man es zu suchen haben in dem Zerfall der markhaltigen Fasern in eine unendliche Anzahl von selbstständigen Fibrillen, die zwar auf das mannigfachste sich untereinander verbinden, ohne jedoch dabei ihre Selbstständigkeit einzubüssen, und die aller Wahrscheinlichkeit nach schliesslich alle einfach abgebrochen endigen, sei es dass die Enden als solche isolirt wahrgenommen werden, sei es, dass sie innerhalb der feinen scheinbar einfachen Aeste des zarten Endgeflechtes dem objectiven Nachweise sich entziehen.

Die intraepithelialen Nervenausbreitungen habe ich ausschliesslich nur auf der Hornhaut selbst nachzuweisen vermocht, wo sie bis unmittelbar an den Limbus heranreichen. Am Rande findet man oft lang ausgezogene Schlingen derselben, mit der Convexität gegen den Hornhautrand gerichtet. Daselbst bemerkt man auch Andeutungen von einem nach dem Centrum der Hornhaut gerichteten

Zuge der oft sehr langen intraepithelialen Fibrillen, nach Analogie der subepithelialen Nervenausbreitung. —

Ausser diesen so eben beschriebenen Endigungen der Nerven zwischen den oberflächlichen Lagen des Hornhautepithels kommen andere ganz ähnliche Endigungen auch in der eigentlichen Hornhautsubstanz vor, worauf bereits von Kölliker die Aufmerksamkeit gelenkt worden ist. Derselbe fand diese Nerven vorzugsweise in den hinteren Theilen der Hornhautsubstanz, mehr weniger dicht an der „Elastica posterior." Ueber das Vorkommen ähnlicher Endigungen in den vorderen Hornhautschichten spricht er sich dagegen nur sehr reservirt aus, da er derartige, dem Anscheine nach freie Endigungen beim Kaninchen zwar wahrgenommen hat, aber nur selten. — Meine Untersuchungen haben mir den Beweis geliefert, dass das Vorkommen solcher freien Endigungen der Nervenfibrillen in der Hornhautsubstanz keineswegs zu den Seltenheiten gehört, vielmehr finden sich dieselben in den vordersten Lagen der Hornhaut verhältnissmässig ziemlich häufig, während sie in den mittleren Schichten nur spärlich vorkommen und in den an die hintere Basalmembran grenzenden nur ausnahmsweise von mir aufgefunden worden sind.

Die freien Endigungen im vorderen Abschnitt der Hornhaut beobachtet man vorzugsweise an einer ganz characteristischen Nervenfaserschicht, welche von dem sogenannten „Endnetz" der Autoren sich wesentlich unterscheidet, als eine der Hornhautsubstanz selbst eigenthümlich zugehörige Nervenausbreitung angesprochen werden muss, und da sie in den vordersten Schichten der Hornhaut und insbesondere dicht unter der äusseren Basalmembran angetroffen wird, weiterhin von mir stets als subbasale Schicht bezeichnet werden wird. Die Einstellung des Focus auf Flächenschnitte von sehr gut gelungenen Vergoldungspräparaten mit durch längere Maceration theilweise abgelöstem Epithel, ferner absichtliche Faltungen von dergleichen Schnitten und endlich senkrechte Durchschnitte liefern einerseits den unzweifelhaften Beweis, dass jene Schicht sich unterhalb der Basalmembran befindet und andererseits dass letztere Membran ausser den mehr weniger senkrecht „durchbohrenden" Aestchen keine Nervenfasern weiter enthält. Besonders zweckdienlich ist in dieser Hinsicht die Hornhaut vom Menschen mit verhältnissmässig dicker und homogener Basalmembran und besonders reichlich entwickelter subbasaler Nervenschicht;

weniger bestimmt durchschaut man diese Verhältnisse an den Hornhäuten von Hund und Katze, obschon dieselben eine Structur besitzen, welche mit der der menschlichen Hornhaut in den meisten Punkten übereinstimmt und ausserdem in den vordersten Schichten eine sehr ähnliche und reichliche Nervenausbreitung enthalten, sich aber durch das Vorhandensein einer nicht homogenen Basalmembran von der menschlichen Hornhaut unterscheiden. Dieselbe stellt sich nämlich hier dar als eine stärkere lichtbrechende, zellen- und nervenfreie, streifige, durch den Zusammenfluss der sogenannten „Stützfasern" gebildete Schicht, welche ohne Zweifel als das Analogon der vorderen Basalmembran in der menschlichen Cornea angesprochen werden darf, so dass mithin auch hier eine subbasale Nervenausbreitung als vorhanden statuirt werden kann. Dasselbe gilt auch vom Kaninchenauge mit ähnlich beschaffener Basalmembran von 0,009—0,012 mm. Dicke in der Mitte der Cornea, obschon die darunter befindliche und deutlich wahrnehmbare Nervenausbreitung nicht so reichlich ausgebildet ist, wie beim Menschen.

Die subbasale Nervenausbreitnng ist am dichtesten an der Peripherie der Cornea, unmittelbar am inneren Raum des Limbus conjunctivae. An dieser Stelle erreichen einerseits die innersten Capillargefässschlingen ihr Ende, andererseits treten hier die ersten Spuren der vorderen Basalmembran auf, welche nach dem Centrum der Cornea zu sehr schnell sich verdickt. Einen Uebergang der Basalmembran in die Conjunctiva vermochte ich an senkrechten Durchschnitten der menschlichen Hornhaut an dieser Stelle nicht nachzuweisen, vielmehr geht das Substrat der letzteren nach Innen zu allmählich sich verdünnend in die vordersten Schichten der eigentlichen Hornhautsubstanz über. Es scheint mir dies als Beweis dienen zu dürfen, dass die Basalmembran für sich allein nicht als das Analogon des Conjunctivasubstrates zu betrachten sei, vielmehr dürften wohl die die Basalmembran zunächst begrenzenden, aus mehr gekreuzten Bündeln bestehenden Schichten der Hornhautsubstanz als Fortsetzung der conjunctivalen Bindegewebsschicht anzusehen sein. Dafür spricht denn auch der Umstand, dass die subbasale Nervenausbreitung eine directe Fortsetzung der aus feineren und stärkeren, nach Aussen noch markhaltigen, am Cornearande dagegen schon marklosen Nervenfasern gebildeten Geflechte der Conjunctiva darstellt. Diese Geflechte bilden auf dem scleralen Theile der Conjunctiva ein

ziemlich weites Maschenwerk; nahe dem Limbus werden dieselben immer dichter und an dem vorerwähnten Saum der Cornea bilden sie einen sehr dichten, aus zarten aber ungleich starken Aesten zusammengesetzten geschlossenen Plexus, der noch oberhalb der Capillarschlingen liegt. Die stärkeren Aestchen desselben lassen sich deutlich als aus einer Anzahl feiner varicöser Fibrillen zusammengesetzt erkennen; freie Endigungen lassen sich an demselben nicht mit Sicherheit constatiren. Dieser dichte Plexus ist auch beim Kaninchen und Meerschweinchen vorhanden, bildet längliche mehr dem Saume der Cornea gleichgerichtete Maschen, entsprechend dem eigenthümlichen Verlaufe der feinen Bindegewebsbündel an dieser Stelle, und da derselbe in einem Theile der Hornhaut gelagert ist, welche noch einer deutlichen Basalschicht entbehrt, so hat es den Anschein, als ob dieses Geflecht unmittelbar das Epithel berühre und den peripherischen Theil der subepithelialen Schicht bilde. Diese Verwechselung kann um so leichter erfolgen, als die wirklich vorhandene subepitheliale Nervenausbreitung an dieser Stelle des vorerwähnten fast unmittelbar aufgelagert erscheint, aus einem Plexus äusserst feiner Fibrillen besteht und die letzteren, wie bereits oben erwähnt, an verschiedenen Stellen einen schrägen und der Peripherie fast parallelen Verlauf haben. Gut gelungene Präparate insbesondere vom Menschen lassen aber diese beiden Lagen deutlich unterscheiden; sie zeigen ferner, dass ein Theil der subepithelialen Fasern aus Aestchen jenes Geflechtes abstammen, dass das subepitheliale Geflecht, am Limbus selbst immer zarter werdend, unmerklich aufhört, während das subbasale Geflecht an dieser Stelle gerade aus dem Limbus heraus- und zur Cornea übertritt.

Die Quelle von Nervenfasern für das subbasale Geflecht bildet indessen nicht nur das Geflecht der Conjunctiva, sondern es treten zu demselben auch feinste Aestchen aus den in den vordersten Schichten der Sclera in die Hornhaut eindringenden zahlreichen feinen Nervenzweigen. Das subbasale dichte Geflecht am Hornhautrande setzt sich noch weiterhin nach dem Centrum der Cornea fort; allein nach Innen vom Limbus wird es bedeutend spärlicher und nimmt auch einen ganz abweichenden Charakter an, indem die Aestchen einen vorzugsweise geschlängelten Verlauf zeigen. Beim Menschen lassen sich an derselben deutlich zwei Lagen unterscheiden: eine aus feinsten, oft varicösen Fibrillen bestehende, oberflächlichere, unmittelbar an die Basalmembran heranreichende, und eine etwas

tiefer gelegene aus dickeren Fasern bestehende Lage. Erstere geht zum grössten Theile durch Verzweigung aus letzterer hervor und letztere wird gebildet aus Aesten der oberflächlicheren und zum Theil auch tieferen Nervengeflechte in der Hornhautsubstanz (Fig. 10). Die stärkeren Fasern werden ohne Zweifel auch von früheren Forschern gesehen worden sein, sind zum Theil wohl als Bestandtheile des „Endnetzes" angesehen worden, zum Theil hat man „die zu Verbindungen mit anderen Fasern sich nicht verfolgen lassen" (Luschka, Sämisch). So sprechen z. B. die Zeichnungen von Sämisch dafür, dass er mit diesem Ausdruck nicht die durchbohrenden Aeste gemeint hat, sondern die Fasern der subbasalen Schicht; die durchbohrenden Aeste hat er nicht erkannt, sondern beschreibt sie als eigenthümliche „Schläuche". Die Ausbreitung der feinen Fibrillen lässt sich aber ohne Anwendung der Vergoldungsmethode wohl kaum wahrnehmen, und selbst von sonst gut gelungenen Vergoldungspräparaten zeigen nicht alle diese Lage der feinen Fibrillen, indem es einer energischen Einwirkung der Goldlösung bedarf, um dieselbe zum Vorschein zu bringen, wobei oft die Hornhautsubstanz sowohl, wie auch das Epithel stark dunkeln und zur Wahrnehmung jener Nervenausbreitung das Epithel vor Anfertigung von Schnitten beseitigt werden muss.

Die zur subbasalen Nervenvertheilung gehörigen Fasern enthalten, wie es scheint, niemals Kerne; sie zweigen sich gleich den durchbohrenden Aesten auf die mannigfachste Weise von den Nervengeflechten in der Hornhautsubstanz ab: bald entspringen sie von den durchbohrenden Aesten, bald von den grösseren kernhaltigen oder kleineren kernlosen Knotenpunkten und bald zweigen sie sich unter rechtem oder spitzem Winkel ohne jegliche Knotenbildung ab. Einzelne enden schon nach kurzem geradem Verlaufe wie scharf abgeschnitten, während andere einen ungemein langen geschlängelten Verlauf zeigen, mit benachbarten ähnlichen Fasern häufige Verbindungen eingehen, sich vielfach theilen, oft frei endigende Fasern abgeben, um schliesslich entweder selbst mit mehreren feinsten Aestchen frei zu endigen oder häufiger in einem stärkeren Ast des Geflechtes sich wieder einzusenken. Häufig markiren sich die breiteren Fasern des Geflechtes deutlich als Bündel zartester Fibrillen.

Das Protoplasma der Hornhautzellen wird bei Anwendung der Vergoldungsmethode zwar ähnlich gefärbt wie die Nervensubstanz,

indessen nehmen erstere nur eine mehr blaugraue Färbung an, während die feinen meist varicösen Nervenfasern durch ihre entschieden dunklere schwarzblaue Färbung von dem Protoplasma sich deutlich abheben. Bei Menschen, Hund und Katze treten nun die benachbarten Zellen vermöge weniger zahlreicher, aber dafür bedeutend breiterer Protoplasmafortsätze mit einander in Berührung und bilden ein zusammenhängendes Zellennetz; (die Grenze zwischen den zusammenstossenden Zellenfortsätzen ist wie an Silberpräparaten durch eine dunklere Linie meist scharf markirt). Innerhalb dieses Zellennetzes sieht man nun sehr zahlreiche feinere und oft ziemlich breite bandartige Fasern der subbasalen Schicht sich hinschlängeln. Es kann indessen bei näherer Untersuchung kein Zweifel darüber obwalten, dass diese Fasern nicht in die Zellprotoplasmen eingebettet sind, sondern beim Wachsthum zu ihrer Ausbreitung diejenigen Räume gewählt haben, welche ihnen am wenigsten Hindernisse entgegenstellen, und solche Räume bietet ihnen vorzugsweise das von Protoplasma erfüllte Lückensystem, innerhalb dessen ja auch die Wanderzellsn bei der Entzündung am liebsten dahinkriechen und wo sie bei stärkerer Ansammlung sich so zusammendrängen können, dass dadurch der Anschein von mit Epithel erfüllten Canälen (z. B. von Lymphgefässen) entsteht. In vielen Lücken ziehen die Nervenfasern scharf am seitlichen Rande des Protoplasmas dahin; in anderen bilden sie über dem letzteren ein- oder mehrfache Schleifen, Zickzackbiegungen, mehrfache Kreuzungen u. dgl. mehr. Es ist kaum möglich und nothwendig, alle die mannigfachen Formen, unter denen das subbasale Netz sich darstellt, ausführlich zu besprechen. Als allgemeines Resultat der Untersuchung ergiebt sich nur das, dass man es hier mit einer besonderen Nervenausbreitung zu thun hat, welche die vordersten, zum geringeren Theil auch die tieferen und selbst die hintersten Schichten der Cornea mit sensiblen Fasern versorgt, besondere Endorgane sind an letzteren nicht vorhanden; vielmehr ist der aus in den verschiedensten Richtungen geschlängelt hin und herlaufenden, auf das mannigfaltigste mit einander communicirenden und hier und da frei endigenden Fasern zusammengesetzte Nervenplexus mit seiner Totalität als terminales Gebilde anzusehen; dasselbe erscheint mithin als ein Endgeflecht, gleich denen, welche wir unterhalb und innerhalb des Corneaepithels kennen gelernt haben, und nicht als Endnetz. Analoge Bildungen dürften sich auch an anderen Verbreitungsbezirken sensibler Nerven

mit der Zeit nachweisen lassen, wie dies ja bereits auch schon zum Theil von Helfreich für die Conjunctiva bulbi, von Cyon für das Peritoneum des Frosches, und auch an anderen Orten von verschiedenen Forschern nachgewiesen worden ist.

Was die Möglichkeit von Täuschungen bei den letzteren Untersuchungen anbetrifft, so ist nicht zu leugnen, dass der Nachweis von in der Hornhautsubstanz (ebenso wie innerhalb des Epithels) frei endigenden Fasern niemals mit voller Sicherheit geführt werden kann, da man nie die Gewissheit haben kann, ob auch sämmtliche nervöse Elemente der Hornhaut durch das reducirte Gold völlig tingirt worden sind. Indessen habe ich oben bereits angedeutet, weshalb ich nicht alle derartige Bilder für Kunstproducte erachte; insbesondere fällt hier meiner Meinung nach ins Gewicht der Mangel von die Verbindung mit anderen Fasern vermittelnden Theilstücken, der isolirte Verlauf in den tieferen Corneaschichten, wo oft die Endigung äusserst auffällig erscheint und in weitem Kreise herum keine Spuren von anderen Nervenästchen wahrgenommen werden; die oft intensiv schwarze Färbung der Nervenfibrillen, welche sich auf das deutlichste von den umgebenden oft nur leicht grau gefärbten Corneazellen und dem ganz farblosen Grundgewebe abhebt; und endlich die häufigen knopfförmigen Verdickungen der Enden. Dass ich mich ausserdem auch vor optischen Täuschungen möglichst zu sichern gesucht habe, brauche ich wohl kaum hervorzuheben. Vorsichtige Abhebung des Epithels durch blosse Maceration in leicht angesäuertem Wasser, Durchsichtigkeit der in diesem Falle dicker anzufertigenden Schnitte, Hebung und Senkung des Focus liefern in dieser Hinsicht ausreichende Schutzmittel. Da die geschlängelten Fasern der subbasalen Schicht nur selten als durchbohrende Aeste zum Epithel aufsteigen, so ist auch hierin eine Quelle von Irrthümern ausgeschlossen. Eher könnte die oft dunkele Färbung der Hornhautzellen die Täuschung erzeugen, als ob die Fibrillen der subbasalen Schicht in das Protoplasma jener Zellen sich fortsetzen, indessen lassen andere Präparate mit hellerem Protoplasma kaum Zweifel darüber aufkommen, dass weder derartige Verbindungen, noch auch Endigungen von Nervenfibrillen in Zellkernen oder Kernkörperchen wirklich existiren oder dass die Fibrillen vermittelst besonders gearteter Endgebilde mit den Zellen in Verbindung treten. (Lawdowski hat vermuthlich einzelne der gewöhnlich sich stark dunkel färbenden Wanderzellen für solche Endgebilde

angesehen. S. unten.) Auch eine nähere Beziehung der Nervenfasern zu den Schlingen der Blutcapillaren am Hornhautrande habe ich nicht zu constatiren vermocht, obschon die Capillaren oft von einem Plexus mehrfacher Fibrillen scheidenartig umfasst werden.

Die obige Schilderung der Nervenvertheilung in der Hornhaut basirt in den meisten Punkten auf Untersuchungen des menschlichen Auges, doch gilt sie mit geringen Modificationen auch für die Hornhäute anderer von mir in dieser Hinsicht untersuchter Säugethiere. Am nächsten dem menschlichen stehen in dieser Beziehung die Augen von Hund und Katze, die, wie bereits erwähnt, auch hinsichtlich der Textur der Hornhautsubstanz, insbesondere hinsichtlich der Form der Hornhautzellen mit dem ersteren die meiste Uebereinstimmung zeigen. Zwar schien es mir, als ob die subepitheliale, sowie die subbasale Nervenausbreitung bei beiden Thieren weniger reichlich entwickelt wären, als beim Menschen, doch ist es sehr wohl möglich, dass wegen der beträchtlicheren Dicke der Hornhäute bei diesen Thieren die Goldwirkung an meinen Präparaten eine nicht ganz durchgreifende gewesen. In der Hornhaut des Hundes pflegen einzelne stärkere Fasern der subbasalen Schicht sehr deutlich als ziemlich breite, dunkle, auf das mannigfaltigste geschlängelte Bänder sich zu markiren, welche innerhalb der vom Zellprotoplasma erfüllten Lücken grosse Strecken weit verlaufen. Köllik er hat ähnliche Enden in den hinteren Theilen der Kaninchenhornhaut gesehen und als besondere Nerven der Membrana Demoursiana beschrieben (s. unten); ich fand dieselben auch, indessen nur selten, häufiger bei Meerschweinchen.

Wie oben bereits erwähnt, haben mir ausser menschlichen Augen vorzugsweise Kaninchenaugen das Untersuchungsmaterial zu dieser Arbeit geliefert. Alle im Vorhergehenden erwähnten Besonderheiten der Nervenvertheilung in der Hornhaut haben ebenso sehr Geltung für die letzteren, wie für die ersteren. Nur in der speciellen Anordnung der Nervenelemente finde ich geringe und untergeordnete Abweichungen. So z. B. markirt sich beim Kaninchen nicht so deutlich der Unterschied zwischen der tieferen aus stärkeren Fasern bestehenden und der oberen aus feinsten Fibrillen und deren freien Enden bestehenden subbasalen Schicht; vielmehr erscheint dieselbe einfach und weniger reichlich, wie beim Menschen, wenngleich deutlich ausgeprägt. Am Hornhautrande bildet sie ein aus stärkeren Fasern bestehendes Geflecht, dessen längliche Maschen dem Hornhautrande mehr parallel angeordnet sind. — Die subepi-

theliale Schicht präsentirt sich beim Kaninchen zwar als ein sehr dichter Plexus von feineren und gröberen Fäden, von denen die letzteren an entsprechenden Präparaten als Bündel feinster Fibrillen sich recognosciren lassen, enthält indessen keine so starken Fasern wie die Cornea des Menschen. Während in den mittleren Theilen der letzteren die „durchbohrenden" Nerven nach dem Durchtritt durch die Basalmembran zunächst gewöhnlich in wenig gröbere und stark divergirende Aeste zerfallen, aus denen erst die mittleren und ganz feinen parallel neben einander zum Centrum verlaufenden Fibrillen hervorgehen, zerfallen beim Kaninchen jene perforirenden Nerven alsbald in eine grössere Anzahl mehr divergirender und weiterhin erst mehr parallel gerichteter und weniger an Stärke differirender Fibrillen, die mittelst seitlicher Zweige unter einander communicirend hier gleichfalls ein gitterähnliches Geflecht bilden.

Was die Verzweigung der Nerven innerhalb des Epithels anbetrifft, so habe ich dieselbe zwar hauptsächlich an Hornhäuten von Kaninchen untersucht, wo ihre Darstellung mir vorzugsweise gut gelungen ist, indessen ist es mir geglückt, auch einige Präparate von der menschlichen Hornhaut zu erhalten, welche wesentlich die gleichen Verhältnisse erkennen liessen, obschon im Uebrigen selbst die befriedigendsten Goldpräparate der menschlichen Hornhaut in diesem Theil der Nervenausbreitung nur selten einen guten Einblick gewähren. Ganz ähnliches Verhalten zeigen auch die Hornhäute von Katze und Hund, und bei verbesserter Behandlungsweise auch die Hornhaut von Meerschweinchen, während nach der Methode von Cohnheim von letzterer Bilder erhalten werden, welche ganz mit der Beschreibung dieses Forschers harmoniren.

Die Hornhaut des Meerschweinchens differirt indessen in einzelnen Punkten nicht unwesentlich von der des Kaninchens. Die von meiner obigen Schilderung in manchen Punkten abweichenden Angaben von Cohnheim haben zum Theil ihren Grund in dieser Variation der Nervenvertheilung, indem des Letzteren Forschungen wesentlich die Hornhaut vom Meerschweinchen zum Gegenstand gehabt haben. So verdient z. B. die früher als „Endnetz" aufgefasste Nervenausbreitung beim Meerschweinchen noch viel weniger diese Bezeichnung, als wie beim Kaninchen; dasselbe besteht bei ersterem aus im Allgemeinen stärkeren Aesten, an welchen die Zusammensetzung aus Fibrillen meist deutlich zu Tage tritt (entsprechend Fig. 3 in Cohnheim's ausführlicher Arbeit) und bildet im Ganzen

engere oberflächlich gelegene Maschen. Die subepithelialen Fasern divergiren gleich nach ihrem Durchtritt durch die Poren der Basalmembran stärker, als wie beim Kaninchen; ihre Anordnung wird durch Cohnheim's Fig. 5 sehr gut wiedergegeben. Der von mir als subbasaler Plexus bezeichnete Theil der intracornealen Nervenausbreitung ist nach meinen Präparaten beim Meerschweinchen nur sehr unvollkommen ausgebildet und daher auch wohl von Cohnheim nicht näher gewürdigt worden. Ich habe beim Meerschweinchen nur wenige, meist nur kurze, vom oberflächlichen Geflecht sich abzweigende und zum grösseren Theil mehr gestreckt verlaufende Fibrillen in der Corneasubstanz aufzufinden vermocht, welche scharf abgeschnittene oder knopfförmige Enden zeigten; daneben auch sparsame geschlängelte, welche mit anderen Nervenästchen communicirten. An der Peripherie der Cornea stellt sich diese Schicht ähnlich dar, wie beim Kaninchen, doch ist sie auch hier weniger ausgebildet. — Nur in einer Beziehung sehe ich mich genöthigt, den Cohnheim'schen Behauptungen entgegenzutreten, nämlich was die Frage nach der Existenz einer vorderen Basalmembran beim Meerschweinchen anbetrifft. Ich finde bei letzterem (ebenso wie beim Kaninchen) eine von dem übrigen Corneagewebe wesentlich differirende Basalmembran oder „Elastica anterior" von 0,006 mm. Dicke, die an gequollenen Präparaten sich auch vollständig isoliren lässt. Zwischen dieser und dem Epithel breiten sich die Fibrillen des subepithelialen Geflechtes aus.

Was endlich die Hornhäute von Schwein, Schaf, Ochs und Kalb anbetrifft, so will ich hier nur so viel constatiren, dass an denselben die wesentlichen Theile der oben geschilderten Nervenausbreitung sich gleichfalls nachweisen lassen. Die Untersuchung ist hier aber mit unbesiegbaren Schwierigkeiten verknüpft, weil es, wie bereits oben erwähnt, fast nie glücken will, in allen Theilen vollkommen gelungene Vergoldungspräparate herzustellen. Ich bin daher nicht im Stande, die besonderen Eigenthümlichkeiten der Hornhautnerven bei jedem der erwähnten Thiere speciell zu characterisiren.

2. Die Nerven in der Hornhaut der Vögel.

Von den Hornhäuten der Vögel habe ich die des Haushuhns, der Hausente und von Strix noctua einer näheren Erforschung mittelst der Vergoldungsmethode unterzogen, deren Anwendung hier

fast stets vom besten Erfolge gekrönt zu sein pflegt. Die Hornhautnerven zeigen einerseits bei Individuen verschiedener Ordnungen eine grosse Uebereinstimmung; andererseits lässt sich auch eine in den hauptsächlichsten Punkten mit der der Säugethiere congruirende Anordnung derselben constatiren. Die Augen der Vögel zeigen nämlich ein ähnliches Verhalten der Nerven sowohl beim Eintritt in die Hornhaut, wie auch bei ihrer Verzweigung innerhalb der letzteren. Von diesen Verzweigungen treten zur Hornhautoberfläche ebenfalls perforirende Aestchen ab, welche unterhalb des Epithels in feine Fäserchen sich auflösend einen ziemlich dichten Plexus herstellen. Dieser letztere giebt endlich zahlreiche zwischen den Epithelzellen senkrecht zur Oberfläche emporragende Fibrillen ab, die nach häufigen Verästelungen und Anastomosirungen zwischen den oberflächlichsten Epithellagen ein gleichfalls ziemlich engmaschiges Endgeflecht bilden, welches mit dem der Säugethiere im Wesentlichen übereinstimmt.

Die in die Hornhaut eintretenden Nerven sind äusserst zahlreich; ich zählte deren bei der Ente gegen 100, darunter 24 stärkere von 0,016—0,032 mm. Breite; die feinsten maassen 0,0016 mm. Die meisten eintretenden Aestchen entbehren bereits des Markes und man erkennt meist deutlich, dass die dünneren, in den vorderen Schichten der Hornhaut verlaufenden Aestchen von Nervenstämmen, welche erst kurz vor dem Eintritt in die Hornhaut sich verzweigt haben. Die dickeren bis zu 24 Fasern enthaltenden Nerven liegen tiefer (näher der hinteren Basalmembran) und verlieren ihr Mark gleich beim Eintritt in die Hornhaut; ihre Verzweigungen und Plexusbildungen stimmen in allen Einzelheiten mit denen der Säugethiere überein. Nur darin weicht die Nervenvertheilung der Vögel von der der Säugethiere ab und nähert sich damit den entsprechenden Bildungen der Amphibien, dass der dem sogenannten „Endnetz" der Säugethiere analoge Plexus feinerer Aestchen, nicht in den vorderen, sondern in den tieferen (mittleren) Hornhautschichten sich ausbreitet und weitere Maschen bildet, in Folge dessen die zahlreich zum Epithel emporsteigenden perforirenden Aestchen (von etwa 0,0015 bis 0,005 mm. Breite) zum grösseren Theile eine verhältnissmässig bedeutende Länge zeigen. Ihr Verlauf ist vorzugsweise ein radialer, d. h. von der Peripherie und hinten nach dem Centrum und vorn zu gerichteter. Eine eigentliche „subbasale" Nervenausbreitung liess sich bei den Vögeln nicht constatiren; ebenso auch

nicht die bei den Säugethieren so bedeutend entwickelte Randpartie derselben. Doch muss hervorgehoben werden, dass in den mittleren Hornhautschichten die grossen Maschenräume der stärkeren Geflechte zum Theil ausgefüllt werden von mässig dichtem Plexus feinerer und feinster Fibrillen, die meist unter rechtem Winkel unter einander in Verbindung treten. Blinde oder knopfförmige Endigungen vermochte ich an denselben mit Sicherheit nicht zu constatiren. — Die perforirenden Aestchen lösen sich beim Uebergange in die subepitheliale Nervenausbreitung in eine Anzahl von Fibrillen von ungleicher Stärke auf, die alsbald mit denen benachbarter perforirender Nerven communicirend, das Aussehen gewinnen, als ob sie strahlig nach allen Richtungen sich zerstreuten (ähnlich wie bei Amphibien), indessen manifestirt sich auch hier vorwiegend eine radiäre, nach dem Centrum der Hornhaut gerichtete Anordnung derselben.

3. Die Nerven der Hornhaut bei Amphibien und Reptilien.

Die Mittheilungen von Kölliker, Cohnheim und Engelmann über die Hornhautnerven des Frosches, insbesondere die detaillirten Angaben des letzteren Forschers, haben eine in den wichtigeren Punkten übereinstimmende und so erschöpfende Beschreibung des betreffenden Gegenstandes geliefert, dass ich derselben nur wenig hinzuzufügen vermag. Der Vollständigkeit wegen will ich jedoch in Kürze der wesentlichsten Einzelheiten in Bezug auf die Nervenvertheilung in der Hornhaut des Frosches Erwähnung thun, soweit ich sie sowohl an frischen, als auch an mit Goldchlorid gefärbten Präparaten von Rana esculenta, temporaria und Hyla arborea gewonnen habe.

Die Nerven in der Hornhaut des Frosches stammen, soweit ich mich habe überzeugen können, gleichfalls vom ramus ophthalmicus trigemini. Dieselben durchbohren aber nicht, wie bei Säugethieren und Vögeln, den hinteren Theil der Sclera als nervi ciliares, sondern verlaufen ausserhalb des Augapfels nach vorn und senken sich erst an der Stelle in den vorderen Abschnitt der Sclera ein, wo der knorpelige Theil in sehniges Gewebe übergeht. Um den Rand der Hornhaut herum bilden diese Nerven zunächst aus markhaltigen Fasern bestehende gröbere Geflechte, aus welchen weiterhin die in die Hornhaut eintretenden Stämmchen (etwa 30 an der Zahl), sowie die zahlreichen marklosen Fasern hervorgehen, die man beim Frosche

vereinzelt oder zu zweien oder dreien in die Cornea eindringen sieht. Das weitere Verhalten der in die Hornhaut tretenden Stämmchen mit markhaltigen Fasern ist beim Frosche im Wesentlichen ein gleiches, wie bei den Säugethieren und Vögeln, doch liegen sowohl die feineren wie auch die gröberen Geflechte der Nervenfasern beim Frosche fast ausschliesslich nur in den hinteren Schichten der Cornea. Eine eigentliche „subbasale" Nervenausbreitung ist dem zu Folge nicht vorhanden, und da die von mir zuerst nachgewiesenen durchbohrenden Aestchen aus grösserer Tiefe direct zur Corneaoberfläche emporsteigen, so zeigen dieselben, ähnlich wie bei Vögeln, eine verhältnissmässig grössere Länge. Diese letzteren 3—6 Fibrillen einschliessenden Aeste, nächst einem deutlich entwickelten und ähnlich wie bei Vögeln gestalteten subepithelialen Plexus und intraepithelialen Fasern, vollenden die Analogie zwischen dem Verhalten der Hornhautnerven bei den erwähnten drei Wirbelthierklassen.

Eine bedeutende Abweichung der Froschhornhaut von der der Vögel und insbesondere von der der Säugethiere scheint indessen gegeben zu sein in dem ausnehmend reichlich entwickelten Nervenplexus, welcher in den hintersten Schichten der ersteren sich ausbreitet. Meiner Meinung nach dürfte dieselbe jedoch sehr wohl als ein Analogon der subbasalen Schicht bei Säugethieren aufzufassen sein; der Unterschied ist eigentlich wohl nur in der verschiedenen Lage begründet, die wieder durch die besondere Lebensweise der Thiere bedingt sein mag. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass während die subbasale Nervenschicht im Säugethierauge vorzugsweise befähigt ist, auf die vordere Oberfläche des Auges influirende Druckwirkungen zu percipiren, die sehr entwickelte Nervenausbreitung in der Tiefe der Froschhornhaut dazu bestimmt ist, Unterschiede des Druckes zwischen Augenflüssigkeit und dem umgebenden Wasser zur Wahrnehmung des Thieres zu bringen.

In Bezug auf die besondere Beschaffenheit dieser Nervenausbreitung will ich hier nur angeben, dass dieselbe ein sehr dichtes, theils aus mehrfachen Aesten, theils aus feineren und feinsten Fibrillen gebildetes mehrschichtiges Geflecht darstellt, dessen Aeste theils von den zur Cornea tretenden Stämmchen sich abzweigen, theils in sehr reichlicher Anzahl direct von der Sclera aus in die Cornea eindringen. Die Verzweigungen, Anastomosen und Kreuzungen der Fasern in diesem Geflecht vollziehen sich grösstentheils

unter rechten Winkeln. An den Theilungs- und Vereinigungspunkten der dünneren, aus scheinbar vereinzelten Fasern bestehenden Aestchen finden sich gewöhnlich keine drei- oder mehreckigen Verbreiterungen mit Kernen, wie an den stärkeren Nervenästen. Bei der Vereinigung mehrerer Fibrillen zu einem gemeinschaftlichen Stämmchen stellt sich letzteres als eine zwar etwas stärkere, aber dennoch scheinbar einfache Faser dar. In Folge des letzteren Verhaltens gewinnt es den Anschein, als ob man es hier mit einem wahren Nervennetze zu thun hätte; unter günstigen Umständen aber, und insbesondere an frischen Hornhäuten (wie dies Engelmann bereits gezeigt hat, 37, pg. 28), gelingt es oft, den Nachweis zu führen, dass die scheinbar einfachen Fasern aus mehreren neben einander gelagerten Fibrillen bestehen. Einen unmittelbaren Uebergang der Fibrillen in die Ausläufer der sternförmigen Corneazellen (Kühne, 30) glaube ich nach Untersuchungen an guten Vergoldungspräparaten mit ziemlicher Sicherheit in Abrede stellen zu dürfen. Dagegen lässt sich die Behauptung eines Zusammenhanges der feinsten Fibrillen mit den Kernkörperchen in den Zellen der Hornhautsubstanz und des Epithels der Descemet'schen Membran (Lipmann, 47) nicht mit der gleichen Bestimmtheit widerlegen. Nur den Umstand will ich hier hervorheben dass von den hinteren Geflechten der Froschhornhaut einzelne Fibrillen sich abzweigen, die in dem Gewebe der Grundsubstanz frei zu endigen scheinen. Wenn nun auch nicht wohl zu läugnen ist, dass die knopfförmigen Anschwellungen derselben als Kunstproducte zu betrachten sind, erzeugt durch die Einwirkung der Goldlösung, so halte ich mich doch, gestützt auf die Analogie dieses Geflechtes mit der subbasalen Nervenausbreitung bei Säugethieren, für berechtigt, die reale Existenz jener freien Enden für wahrscheinlicher zu erklären, als wie die unmittelbare Verbindung des Geflechtes mit den Sternzellen durch feinste Fibrillen oder die mittelbare durch die Zellen dicht umspinnende Fibrillennetze (Klein, 50).

Engelmann hat bereits darauf hingewiesen, dass an frischen Hornhäuten vom Frosche die Nervenfasern stets eine gleichmässige Beschaffenheit zeigen, die an Vergoldungs- und Chromsäurepräparaten zum Vorschein kommenden Varicositäten mithin Kunstproducte sind. Ferner hat er gezeigt, dass die Fasern der subepithelialen Schicht unter einander nicht ein wirkliches Netz bilden, wie dies an Vergoldungspräparaten den Anschein hat, sondern dass sie nur äusserlich sich aneinandsr lagern, kreuzen u. s. w., dass mithin die sub-

epitheliale Nervenausbreitung als Plexus und nicht als wahres Netz zu betrachten sei. Beide Angaben kann ich nach eigenen Untersuchungen vollkommen bestätigen, ausserdem aber vermag ich noch hinzuzufügen, dass es mir gelungen ist, durch Lockerung des Zusammenhanges zwischen Epithel und Substrat der Froschhornhaut vermittelst heisser Dämpfe und darauffolgende mehrstündige Maceration in ganz verdünnter Essigsäure das vordere Epithel in der Weise vollkommen abzuheben, dass man an Falten der Haut lange gleichartige Fasern der subepithelialen Schicht aus den Poren hervortreten sah, zu welchen die „durchbohrenden" Nervenästchen deutlich heranreichten. Die so isolirten Fäden („Axencylinder" früherer Autoren) flottirten theils frei in der bespülenden Flüssigkeit, theils spannten sie sich bis zum abgehobenen und faltig umgeschlagenen Epithel straff aus, verliefen auf der inneren Fläche desselben oft noch eine Strecke weit hin und verschwanden schliesslich zwischen den Zellen desselben. Diese Beobachtungen liefern den sichersten Beweis, dass man es hier mit wahren Fasern und nicht etwa Faltungen und ähnlichen Kunstproducten zu thun habe.

Was die Endigungen der Nerven innerhalb des Epithels beim Frosche anbetrifft, so vermag ich mich in dieser Beziehung nicht so bestimmt auszusprechen, wie andere Forscher, indem ich zwar ihr Eindringen zwischen die tieferen Zellen gesehen habe, aber den weiteren Verlauf nicht mit Sicherheit habe verfolgen können. An frischen Hornhäuten werden die zarten Nervenfibrillen von den Contouren der Epithelzellen verdeckt, und an Vergoldungspräparaten der Froschhornhaut ist das Epithel meist so dunkel gefärbt, die Nervenfibrillen innerhalb desselben dagegen so schwach tingirt, dass eine sichere Erkennung der letzten Nervenenden unmöglich gemacht wird. Wohl aus diesem Grunde sprechen sich auch die Arbeiten von Cohnheim (35, p. 30) und Engelmann (37, p. 23) nicht präcise genug über diesen fraglichen Punkt aus; nur Kölliker (34, p. 6) giebt bestimmt an, dass die zwischen den tiefsten Zellen des Epithels senkrecht emporsteigenden Fasern „horizontal umbiegend frei endigen." So viel scheint indessen sicher zu sein, dass die Fasern nicht bis an die äussere Oberfläche des Epithels heranreichen.

Die Cornea von Tritonen zeigt in Bezug auf die Nervenvertheilung ähnliche Verhältnisse, wie die vom Frosch; indessen sind die

durchbohrenden Aestchen mit ihrer Endausbreitung im Epithel im Ganzen schwerer nachzuweisen, während die Nervenausbreitung in den tieferen Corneaschichten noch deutlicher und reichlicher entwickelt ist, als beim Frosch. Ich habe auf dieselbe bereits in meiner ersten Arbeit aufmerksam gemacht.

Die Nerven in der Hornhaut vom Triton habe ich ebenso wie die von Lacerta stirpium nur an Präparaten aus Chromsäure- oder doppelt chromsaurer Kalilösung untersuchen können, da die Vergoldung mir nicht geglückt ist. So weit ich auf diese Weise ermitteln konnte, scheinen sich die Hornhautnerven bei Reptilien ähnlich zu verhalten wie bei Amphibien.

4. Die Nerven in der Hornhaut der Fische.

Die Hornhaut der Fische verhält sich in Bezug auf die Abstammung ihrer Nerven ähnlich wie die der Säugethiere und Vögel. Dieselben treten ebenfalls erst durch die Sclerotica in das lig. ciliare, von hier aus in den vordersten Abschnitt der Sclera und aus dieser in die Cornea. In der letzteren angelangt, werden sie marklos, verzweigen sich, bilden Geflechte aus stärkeren Aesten und feinsten Fäserchen, die indessen nicht so dicht sind, wie bei den Amphibien und näher der Vorderfläche der Cornea sich ausbreiten, und senden zahlreiche durchbohrende Fasern zur Oberfläche der Corneasubstanz. Letztere scheinen auch bei Fischen eine subepitheliale Nervenausbreitung zu bilden und schliesslich zwischen den Zellen des Epithels zu endigen.

Es lassen sich indessen diese Verhältnisse, sowie auch die feinere Nervenvertheilung innerhalb der Corneasubstanz nicht so genau untersuchen, weil die Hornhaut bei Fischen durch Goldchlorid nicht weniger diffuse dunkelviolett gefärbt wird, das Epithel bei der Maceration in Wasser sich meist vollständig isolirt und eine vorzugsweise auf die Nerven sich erstreckende Färbung nur schwer und selten gelingt. Trotzdem ich eine grosse Anzahl von Hornhäuten verschiedener Fischgattungen untersucht habe (Hecht, Karpfen, Karausche, Goldfisch, Schley, Aal), so ist es mir nur in wenigen Fällen gelungen, etwas mehr brauchbare Präparate zu erhalten, an welchen der Nervenverlauf sich genauer verfolgen liess. Der Untersuchung der Corneanerven bei Fischen steht auch die ungleiche Dicke derselben am Rande und in der Mitte insofern im Wege, als dadurch

eine gleichförmige Durchtränkung mittelst Goldlösung unmöglich gemacht wird. Auch die oft bis zur Mitte der Hornhaut sich erstreckenden Capillarschlingen (z. B. beim Karpfen) bieten durch ihre dunkere Färbung Hindernisse und können selbst zu Verwechselungen mit Nerven Anlass geben. Meinen Untersuchungen habe ich indessen so viel zu entnehmen vermocht, dass die Augen der Fische in Bezug auf die Nervenvertheilung mit denen der übrigen Wirbelthiere in den wesentlichsten Punkten übereinstimmen.

Historisches und Kritisches.

Die ersten sicheren Mittheilungen über die Existenz von Nerven in der Hornhaut reichen bis zum Jahre 1830 zurück, in welchem Schlemm (1) die Beobachtung machte, dass bei Thieren Zweige der an der Innenseite der Sclera nach vorn verlaufenden Ciliarnerven über dem Ciliarbande in die Sclera selbst eindringen und in der letzteren sich bis an den Rand der Cornea fortsetzen. Ihre weitere Verfolgung innerhalb dieser Membran ist ihm indessen nicht geglückt. Gegen Schlemms Entdeckung wurde zunächst durch Friedr. Arnold (2) Einspruch erhoben, späterhin auch durch Hueck (3), Engel (4) und Beck (5); letzterer gestand nur dem „Bindehautblättchen“ der Hornhaut Nerven zu. Alle übrigen Forscher jedoch, welche seitdem diesem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit zugewandt haben, konnten nicht umhin, die Existenz von Hornhautnerven vollkommen zu bestätigen. Sie haben den weiteren Verlauf derselben in der Hornhaut klar dargethan, und selbst Fr. Arnold fand sich späterhin veranlasst (6), das Vorhandensein von Nervengeflechten innerhalb der Hornhaut anzuerkennen. Die letzten Enden derselben gehören aber seiner Ansicht nach nicht der Hornhautsubstanz, sondern deren Bindehaut an, da die feineren Zweige sich nicht in die Tiefe, sondern nach der vorderen Fläche wenden.

Nach Schlemm hat zunächst Bochdalek (7) bei Thieren die Ciliarnerven mittelst des anatomischen Messers bis $1^1/_2$ Linien weit in die Substanz der Cornea hinein verfolgt; für den Menschen erschloss er sie aus dem analogen Verhalten der Ciliarnerven,

welche am sogenannten Ciliarbande in oberflächliche oder Hornhautzweige und in tiefe oder Iriszweige sich spalten; erstere dringen in die Cornea an ihrem vorderen Rande ein. — Ebenso sah auch Valentin (8) 8—10 Stämmchen aus dem ligamentum ciliare in die Hornhaut treten, sich theils in dieser verbreiten und theils mit Zweigen der Bindehaut verbinden.

Pappenheim (9) war der erste, welcher bei Säugethieren und Vögeln und auch beim Menschen die Nerven tiefer in die Substanz der Cornea hinein verfolgte, und zwar sah er sie bis fast zur Mitte derselben eindringen und Verzweigungen, plexusartige und zuweilen auch am Rande bogenförmige Verbindungen an den verschieden starken Aestchen bilden; auch erkannte er, dass die sehr feinen Primitivfasern noch als solche eine Strecke weit in den eintretenden Stämmen sichtbar sind. Von den schlingenförmigen Endigungen der Blutgefässe am Hornhautrande wurden die Nerven bestimmt unterschieden. Die Untersuchung wurde theils an frischen, theils an mittelst Kalilauge oder Essigsäure durchsichtig gemachten, zwischen zwei Glasplatten leicht zusammengedrückten Hornhäuten unter dem Mikroskope angestellt. In einer späteren Mittheilung (10) behauptet Pappenheim, er habe die Nerven der Cornea in allen Wirbelthierklassen vorgefunden und etliche Male beim Menschen ihre Endigung in „Endumbiegungsschlingen" gesehen; „ihre Primitivfäden sind cerebrospinal und nicht von Ganglienkugeln besetzt." Ferner hat er bereits beobachtet, dass aus der „tunica adnata" Stämmchen mit äusserst feinen Nervenfasern in die oberflächlichste Schicht der Cornea eintreten, sich daselbst vertheilen, Plexus und Endumbiegungsschlingen bilden. Dieselben sind mit sehr kleinen Nucleis besetzt, die etwas Eckigrundes haben, ebenso enthalten auch die unendlich feinen Fasern Nuclei.

Purkinje (11) fand gleichfalls mit Hülfe der Essigsäure die Nerven in der Hornhaut von Säugethieren und Mensch, deren nach dem Centrum ziehende Aeste ein ziemlich reiches „Netzwerk" bilden. „Die Elementarfasern dieses Netzes combiniren sich vielfach unter einander, und nachdem sie von einer Seite aus den Ciliarnerven eingetreten sind, gehen sie in das von anderen Seiten kommende Nervengewebe über, und es scheint, dass kein einziges dieser Fädchen in die Substanz der Hornhaut sich verliere und ebenso wenig in die äussere Conjunctiva übergehe, so dass es das Ansehen hat, wie wenn man ein in sich geschlossenes Netz vor sich hätte."

Brücke (12) erwähnt in seiner Anatomie des Auges einfach, dass die Nerven der Hornhaut von den Ciliarnerven abstammen, von welchen sie sich am Spannmuskel der Choroidea abzweigen, und dass sie sich ausschliesslich in der substantia propria corneae ausbreiten.

Die weiterhin von Kölliker (13) gelieferte sorgfältigere Beschreibung der Eintritts- und Vertheilungsweise der Hornhautnerven aller Wirbelthierklassen und insbesondere auch des Menschen wurde in allen wesentlichen Punkten durch Gerlach (14) bestätigt. Bochdalek fügte seiner Arbeit über die Scleralnerven eine Abbildung der „schönen, grossentheils weitmaschigen Nervennetze" der Cornea bei (15).

Luschka (16) lieferte gleichfalls eine im Ganzen zutreffende Beschreibung der Nervenvertheilung in der Cornea. Er schildert, hauptsächlich nach Untersuchungen mit verdünnter Essigsäure behandelten Hornhäuten junger Kaninchen, den Eintritt derselben aus der Sclera in die Cornea, den nach dem Centrum gerichteten Verlauf, die Theilungen und die seiner Angabe nach im Ganzen nicht häufigen gegenseitigen Verbindungen der Nervenäste durch bogenförmig verlaufende Fasern. Aehnliche Anordnung zeigen auch die oberflächlichen im „Bindehautblättchen" verlaufenden, aus wenigen Primitivfasern bestehenden Nervenästchen, welche von den der Conjunctiva scleroticae eigenthümlichen Nerven abstammen und mit den Nerven der Hornhautsubstanz im innigen Zusammenhange stehen. Die Pappenheim'schen Endumbiegungsschlingen werden von Luschka geleugnet; er meint (obwohl nicht ganz mit Recht), dass die seiner Angabe nach unter dem Epithel im Bindehautblättchen zahlreich vorkommenden, sehr dünnen, für Blutkörperchen nicht mehr durchgängigen Capillarschlingen Pappenheim und zum Theil auch Bochdalek zu Verwechselungen mit Nervenschlingen veranlasst hätten. Er betrachtet als den gröberen und feineren Verbreitungstypus der Hornhautnerven die dichotomische Theilung: „man findet in den verschiedensten künstlich gebildeten Lagen der Hornhautnerven nicht nur gröbere, sondern auch feine und nach dem gewöhnlichen Begriffe als Endigungen erscheinende eben nicht mehr weiter zu verfolgende feinste Fäden." „Die Menge der Nerven in der Hornhaut ist nicht unbeträchtlich, indessen wechselt die Quantität sehr nach dem Individuum und ist auch nicht immer in beiden Augen gleich." In den hinteren Lagen der Hornhaut fand Luschka niemals Nerven.

Die demnächst veröffentlichten Arbeiten von Rahm (17), Strube (18) und Coccius (19) haben zwar die Beobachtungen der letzterwähnten Forscher in den wichtigsten Punkten bestätigt, jedoch im Ganzen nichts wesentlich Neues hinzugefügt. Zu erwähnen ist indessen, dass nach Strube's Angabe die Nerven in der Cornea zuweilen Schleifen und Schlingen bilden oder eine Strecke weit am Cornearande hinlaufen und dann in die Sclera zurückkehren sollen, ferner dass nach demselben Forscher die Anastomosenbildungen der Nerven in allen Schichten der Hornhaut vorkommen und endlich dass Coccius auf die bereits von Pappenheim wahrgenommenen Kerne der Hornhautnerven besonders aufmerksam gemacht hat. Er betrachtet dieselben irrthümlicher Weise als seröse Gefässe der Nerven, bestimmt zur Ernährung der letzteren.

In seiner im Jahre 1854 erschienenen Mikroskopischen Anatomie lieferte Kölliker (20) eine ausführlichere, präcisere und, wie die neuesten Untersuchungen lehren, in den meisten Punkten vollkommen naturgetreue Beschreibung des Eintrittes und der Vertheilung der Nerven in der Cornea. Freilich ist es ihm nicht gelungen, die letzten Endigungen der Nervenfasern nachzuweisen; auch irrte er, wenn er annahm, dass die sich vielfach dichotomisch theilenden Nervenästchen vermöge zahlreicher Anastomosen dicht unterhalb der vorderen structurlosen Lamelle und dem Epithel „ein durch die ganze Cornea sich erstreckendes weites Nervennetz" bilden, welches aus anastomosirenden feinsten, aus einer einzigen Faser gebildeten Zweigchen besteht, „so dass, wenn auch nicht in Form von Schlingen, doch ein Zusammenhang von Nervenröhren unter einander anzunehmen wäre", sowie dass von freien Enden der Nervenfasern keine Spur wahrzunehmen sei, (obschon die Zartheit der Verhältnisse ihn veranlasst, sich nicht bestimmt auszusprechen gegen die Möglichkeit einer Existenz freier Enden der Nerven). Im Uebrigen ist aber die Beobachtung, soweit sie bei den damaligen Hülfsmitteln ausführbar war, als eine vollkommen zutreffende zu erachten. Gestützt auf die Untersuchung der Hornhäute vom Menschen und von zahlreichen Individuen aus den verschiedenen Klassen des Wirbelthierreiches, schildert Verfasser darin ganz richtig die verschiedene Dicke der in grosser Anzahl in die Hornhaut eintretenden Nervenästchen, den Uebergang der in den Nerven enthaltenen markhaltigen Fasern in marklose; die Verästelung der Nerven in die Hornhautsubstanz, ihre gegenseitige Verbindung und die schliessliche Bildung

des oberflächlich gelagerten sogenannten „Nervennetzes“. Auch die von Pappenheim (Kölliker erwähnt nur Coccius) an den Hornhautnerven zuerst wahrgenommenen Kerne werden bestätigt; ja Kölliker fand selbst an den feinsten Ramificationen (in der Hornhaut von Kindern und Neugebornen) Kerne; doch erklärt er sich bestimmt gegen die von Coccius aufgestellte Deutung derselben als seröse Gefässe, vielmehr ist er der Ansicht, dass sie grösstentheils von den Bildungszellen der Nervenröhren herrühren. In den Stämmen der Hornhautnerven sah Kölliker, obschon selten, Bifurcationen der Primitivröhren, nie in dem von denselben gebildeten Netze, „dessen Verhältnisse jedoch seiner Blässe wegen kaum vollkommen sich erforschen lassen.“ In Bezug auf den von früheren Autoren beobachteten Uebertritt von Nervenfasern aus der Conjunctiva bulbi in die vordere Schicht der Hornhaut (Pappenheim, Luschka, Coccius) giebt Kölliker an, er habe nur bei Säugethieren in Begleitung der oberflächlichen Hornhautgefässe einzelne feine Stämmchen in die Hornhaut treten sehen, die am Rande spärliche schlingenförmige Anastomosen bildeten und mit den tieferen Nerven nicht zusammenzuhängen schienen. In dem hinteren Drittheil der Hornhaut hat Kölliker keine Nerven angetroffen, insbesondere existire „an der Demours'schen Haut auf jeden Fall auch nicht die Spur einer Nervenausbreitung.“ (Man vergleiche damit seine neueren unter 34 zusammengestellten Beobachtungen.)

Die Resultate der sorgfältigen Untersuchungen von His (21) stimmen im Wesentlichen mit denen von Kölliker überein. Auch er erkennt eine doppelte Quelle der Hornhautnerven an: zum grösseren Theile aus den Ciliarnerven, zum kleineren aus der Conjunctiva bulbi. Ihre Zahl und Stärke ist verschieden. Sie bestehen beim Eintritt zum Theil aus markhaltigen, zum Theil aus marklosen Nervenfasern, ja manche Stämmchen sind aus beiderlei Fasern zusammengesetzt; in jedem Falle verlieren auch die ersteren bald nach ihrem Eintritt in die Hornhaut ihr Mark und bestehen weiterhin nur aus blassen, mit länglichen Kernen versehenen Fasern. Bei jungen Individuen finden sich sehr häufig ausschliesslich aus blossen Fasern bestehende und durch grössern Kernreichthum sich auszeichnende Nervenstämmchen. Die dichotomische Theilung, das Aneinanderschliessen der dünneren Aeste, der Mangel an Nervenästen an den hinteren Theilen der Hornhaut, die Bildung des durch die ganze Hornhaut ausgebreiteten Netzwerkes und endlich die Theilung der

Primitivfasern in den Nervenstämmchen werden ganz ähnlich wie von Kölliker dargestellt. Nur in der Darstellung des Endnetzes weichen beide Autoren von einander ab. Zwar meint auch His, dass das unmittelbar unter der Hornhautoberfläche gelagerte Netz hervorgehe aus Theilung von Primitivfasern, welche aus der fortgesetzten Theilung der Stämmchen schliesslich als Endzweige resultiren, auch dass die letzteren nie frei enden, vielmehr mit anderen ein geschlossenes „Netzwerk" bilden; aber die Verbindung der letzteren Fasern in jenem Netzwerk wird vermittelt durch kleine dreieckige Anschwellungen, welche einen verschieden gestalteten Kern enthalten, und eben solche Anschwellungen finden sich an den Theilungsstellen der feinen Nervenzweige; jene kernhaltigen Knotenpunkte nun müssen nach der Meinung von His „wohl als eine Art peripherischer Ganglienzellen angesprochen werden." — Eine Verbindung der Nervenfasern mit Hornhautzellen und deren Ausläufern wird bestimmt in Abrede gestellt. — In ihrer ersten Anlage beim Fötus sollen die Hornhautnerven aus aneinander gereihten feinen spindelförmigen Zellen mit länglich-ovalem Kerne bestehen.

Remak (22) bemerkte zu den Angaben von His, dass er die Nervenfasern der Hornhaut niemals in Netze übergehen gesehen habe, und dass kein Grund vorliege, die kernhaltigen Knotenpunkte an den Verästelungswinkeln der Nervenfasern für Ganglienzellen anzusehen; dieselben gehören vielmehr, seiner Meinung nach, der Bindegewebsscheide der Fasern an.

Henle (23), welcher sich in seiner „allgemeinen Anatomie" für die Existenz der Hornhautnerven ausgesprochen, auch die Plexusbildung derselben anerkannt hatte, erklärte in seinem Jahresbericht das His'sche Endnetz für leere Capillargefässe. Im 2. Bande seines Handbuches der Anatomie, welches erst im Jahre 1866 erschienen ist, giebt Henle eine kurze historische Uebersicht über die Resultate der bisherigen Forschungen auf diesem Gebiete; erkennt ferner den Eintritt von Nerven in die Hornhaut, deren Verzweigung und Anastomosenbildung an; in Betreff der letzten Endigung der oberflächlicher verlaufenden Zweige führt er aber nur an, dass die meisten Beobachter sich für eine netzförmige Endigung aussprechen.

Leydig (24) schildert die Hornhautnerven wesentlich übereinstimmend mit den vorerwähnten Forschern (Kölliker, His). Bei Fischen (Gobius fluviatilis) entsteht ebenfalls durch Verästelung und Anastomosenbildung der in die Cornea tretenden Nervenstämmchen

ein Endnetz. „Bei Rochen und Haien gehen indessen die Nerven (und Gefässe) nicht über den pigmentirten Rand der Hornhaut hinaus und lassen sich keineswegs in den hellen Abschnitt verfolgen."

W. Krause (25) bemerkt in Betreff der „blassen Nervenfasern in der Cornea" Folgendes: Die vom Rande her eintretenden Stämmchen theilen sich wiederholt in unter einander anastomosirende Aeste, von denen man zuweilen einzelne, isolirte, marklose Nervenfasern abbiegen sieht, die nach einem Verlauf bis zu 6,5 mm. plötzlich mit einer knopfförmigen Endanschwellung scheinbar frei aufhören. Wenn es nun auch nahe liegt, anzunehmen, dass ein solches freies, knopfförmiges Ende die normale Art darstelle, wie die Nerven in der Cornea endigen, wo sie der sonstigen Verhältnisse halber eines besonderen, terminalen Körperchens entbehren können und müssen; so ist doch zu bemerken, dass ich solche Beobachtungen nur zwei Mal, zwar bei Menschen, jedoch an Holzessig-Präparaten gemacht habe, weshalb allerlei Irrthümer nicht ausgeschlossen sind und ich die Beobachtungen nicht für ausreichend erachten kann." An frischen Hornhäuten verloren sich die einzelnen Fibrillen blass und unbestimmt bald nach dem Abbiegen von einem der feineren Nervenstämme. — Die von His beschriebenen, oberflächlichen, an der vorderen Begrenzung der Cornea gelegenen Netze von feinen Fasern mit dreieckigen Anschwellungen an den Knotenpunkten hat Krause an Essig- und Holzessigpräparaten von Erwachsenen, Kindern, Rind, Kalb, Schaf, Schwein und Hund beobachtet. Dass das Netz sich zusammenhängend über die ganze Fläche der Cornea erstreckt, ist zwar direct nicht zu constatiren, weil durch zufällige Umstände verdeckt oft einzelne Fasern unbestimmt aufhören und nicht bis zu den benachbarten Knotenpunkten zu verfolgen sind; oft liess sich aber durch Focusänderung nachweisen, dass sie nur scheinbar aufhören; auch zeigten sie nirgends ein charakteristisches Verhalten, welches auf eine regelmässig freie Endigung dieser Fasern hindeuten könnte. Krause hält es mit Henle für wahrscheinlich, dass dieses Fasernetz aus obliterirten Capillaren bestehe, und zwar aus dem fötalen Gefässnetz der Cornea; es könnten aber auch möglicher Weise mit Serum gefüllte Röhren der Lymphgefässanfänge sein. — Aus allen diesen Bemerkungen lässt sich klar entnehmen, wie weit Krause entfernt gewesen ist von der Erkenntniss der wahren Endigung der Hornhautnerven.

Coccius (26) gelangte in einer weiteren Mittheilung zu dem Resultate, dass unmittelbar unter den Epithelien der Hornhaut die letzte Endigung der Hornhautnerven stattfindet und sich hier in einem ausgebreiteten Lager von Ganglienzellen repräsentirt; dass diese peripherischen Ganglienzellen aber, welche schon His beobachtete, nicht die letzte, sondern die vorletzte Art der Endigungen der Hornhautnerven sind, indem die feinsten Fasern derselben, welche aus Theilungen von Primitivfasern hervorgegangen sind, in die Ausläufer der Ganglienzellen endigen. Es ist schwer zu begreifen, welche Gebilde Coccius bei obiger Beschreibung im Auge gehabt hat.

J. Arnold (27) trat gleichfalls für die Existenz des von His beschriebenen Netzes der Hornhautnerven ein und nahm es gegen Krause's Zweifel in Schutz. Die gröbere Vertheilung der Hornhautnerven beim Menschen stellt er im Wesentlichen ebenso wie His dar; ausserdem giebt er aber noch an, dass die Ciliarnerven am Annulus conjunctivae in solche Aeste sich theilen, die zur Corneasubstanz treten, und in solche, die mit den Nerven der Conjunctiva sclerotieae anastomosiren. Die in der „Subepithelialschichte" gelegenen „Endplexus" gehören ausschliesslich dieser Schicht an, obschon Nervenprimitivfasern auch im vorderen Drittel der Cornea nicht fehlen; es sollen aber in diesem Theile keine gegenseitigen Verbindungen der feinsten Fasern statthaben. Die dreieckigen Knotenpunkte der Endplexus fand Arnold zum Theil kernhaltig, zum Theil kernlos; in fötalen Hornhäuten enthalten sie mehrere Kerne, was, verbunden mit der eigenthümlichen Form der Knotenpunkte, den Autor bestimmt, dieselben für blosse Zusammenflussstellen von Primitivfasern und nicht für Ganglienzellen zu halten.

Sämisch (28) hat die Resultate seiner sehr ausführlichen, an zahlreichen Exemplaren aller Wirbelthierklassen angestellten Untersuchungen schliesslich in folgenden Sätzen zusammengefasst (S. 17): „1. Durch wiederholte dichotomische Theilung gehen aus den als Stämmchen in die Hornhaut eingetretenen Bündeln von Primitivfasern letztere selbst hervor; sie theilen sich weiter und zeigen an diesen Theilungsstellen meist dreieckige oder unregelmässig geformte Kerne (die peripheren Ganglienzellen einiger Autoren), die, soweit sie im Verlaufe der Fasern selbst vorkommen, meist oval sind. Bisweilen verbinden sich diese Theilungsstellen direct (das Endnetz,

wie es His beschreibt), in der Regel erfolgt jedoch noch eine mehrmalige dichotomische Theilung der Fasern, ohne dass sich noch Kerne in denselben vorfänden; die aus dieser Theilung hervorgegangenen Fasern treten in eine netzförmige Verbindung mit einander, die als terminal anzusehen ist. Die Knotenpunkte des Netzes werden nur zum kleinen Theil von den dreieckigen Anschwellungsstellen der Primitivfasern gebildet. Es werden bisweilen Fasern gefunden, die sich bis zu einer Verbindung mit anderen nicht verfolgen lassen. 2. Das Endnetz liegt der Hornhautoberfläche sehr nahe, jedoch noch in der Substantia propria. Die dreieckigen Anschwellungen liegen in Ebenen, in welchen sich Hornhautkörperchen befinden, ein Ansteigen der aus jenen hervortretenden Fasern wurde nicht beobachtet. 3) Eine Verbindung der aus den letzten Theilungen hervorgegangenen Fasern mit dem Hornhautkörperchen wurde nicht gesehen. 4. Man findet constant einige sich von den Stämmen abzweigende Bündel, welche nicht in die Bildung des Endnetzes eintreten, vielmehr zu anderen Stämmen zurückführen. Es kommen demnach in der Hornhaut Nerven vor, welche nur durch die Membran hindurchlaufen. 5) In der Hornhaut der Maus, einige Male auch in der des Kaninchens und der Ratte, wurde ein von Schläuchen gebildetes, nicht geschlossenes Netz beobachtet. Ueber die Deutung desselben kann etwas Bestimmtes noch nicht angeführt werden."

Ich habe den vorstehenden Angaben folgende Bemerkungen beizufügen: Die für Sämisch so räthselhaften mit den Nerven in Verbindung stehenden Schläuche sind, wie ich mich bestimmt überzeugt habe, nichts anderes, als die in meiner ersten Arbeit über die Hornhautnerven bereits von mir beschriebenen verdickten und mit myelinartiger Masse angefüllten Enden der „durchbohrenden" Nervenfasern. Dieselben zeigen in der Hornhaut der Maus eine vorzugsweise ansehnliche Entwickelung, doch fehlen sie auch fast niemals beim Kaninchen. Wahrscheinlich gehören auch die zwei Mal von Krause in der Hornhaut vom Menschen gesehenen „scheinbaren" knopfförmigen Enden der Nervenfasern hierher. Die von Sämisch erwähnten Fasern, „welche sich bis zu einer Verbindung mit anderen nicht verfolgen lassen", entsprechen seiner Zeichnung nach wahrscheinlich nicht sowohl den „durchbohrenden" Aestchen, als vielmehr den von mir eingangs näher beschriebenen geschlängelten Fasern der subbasalen Nervenausbreitung. — Was endlich die Lage

des terminalen Endnetzes beim Frosch anbetrifft, so scheint Sämisch dieselbe auch hier in die vorderen Hornhautschichten zu verlegen, obschon er sich in dieser Beziehung nicht bestimmt genug ausdrückt; wenigstens sprechen für diese Annahme seine Angaben über den Verlauf des Nervenstammes, welcher aus der Conjunctiva oder vielmehr dem Limbus der Froschcornea austretend durch einen Ast mit einem in der Tiefe der Cornea verlaufenden Nervenstamme communicirte und mit dem anderen Aste in das Endnetz der Corneanerven überging.

Ciaccio (29) schildert den Eintritt der Nervenstämmchen in die Cornea in ähnlicher Weise, wie die letzterwähnten Autoren, doch bestreitet er den Uebergang der dunkelrandigen Nervenfasern in helle, sowie die Theilungen der Nervenfasern innerhalb der Plexus. Die Fasern zeigen vielmehr von ihrem Eintritt an bis zu ihrer Endigung denselben Charakter. Wo eine Faser sich zu theilen scheine, da besteht bereits der Stamm aus zwei dicht an einander liegenden Fibrillen, die durch eine eigenthümliche Bindesubstanz zusammengehalten werden. Freie Enden der Fasern werden nicht anerkannt; die Endigung findet nur in Plexus oder Netzen statt, d. h. in verschiedenartigen Verflechtungen der Fasern. Alle letzten Anastomosen der Nervenbündel liegen im vorderen Theil der Cornea und die feinsten unmittelbar unter der vorderen elastischen Lamelle. In den Nervenbündeln kommen wahre Kerne vor, welche als Ernährungsorgane angesehen werden; sie sollen sich von den drei-, vierseitigen oder unregelmässigen granulirten, in den Knotenpunkten vorkommenden Gebilden unterscheiden, welche nach verschiedenen Richtungen Nervenbündel aussenden, zum Theil einen in Carmin sich färbenden Kern einschliessen und wahrscheinlich eine Beziehung zur Tastfunction haben. — Ein Zusammenhang von Nervenfasern mit Hornhautkörperchen wird bestimmt in Abrede gestellt. Ciaccio untersuchte die Hornhäute von Aal, Frosch, Sperling, Maus und Mensch.

Kühne (30) gelangte bei seinen Untersuchungen der Nerven in der Hornhaut des Frosches zu ganz abweichenden Resultaten, wie die vorerwähnten Forscher. Zwar den Eintritt und die erste Vertheilung der allein von der Sclera zutretenden 15 Nervenstämmchen mit ihren etwa 60—70 (sämmtlich markhaltigen) Primitivfasern schildert er wesentlich wie die vorerwähnten Forscher. Er beschreibt ganz entsprechend das plötzliche Aufhören des Markes, die Scheide

mit ihren Kernen, insbesondere an den Knotenpunkten. Im Weiteren liefert er auch eine ganz naturgetreue Beschreibung der von ihm beim Frosche noch nicht so genau beobachteten dichten, aus sehr feinen Fasern gebildeten Plexus in der Hornhaut, die ihre Entstehung der Theilung, Anastomosirung und Durchflechtung feiner „Axencylinder" verdanken. Aber schliesslich gelangt er zu dem Resultate, dass sämmtliche Endästchen dieser Fasern sich mit den Ausläufern der sternförmigen, netzartig unter einander vereinigten Hornhautzellen verbinden und dass sie für dieselben eine Art motorischer Nerven darstellen. „Jede der sternförmigen Zellen steht auf irgend einem Umwege mit jeder in die Membran eintretenden Nervenfaser im Zusammenhange."

Auch Lightbody (31) gelangte bei seinen Untersuchungen der Hornhautnerven zu ganz eigenthümlichen Resultaten. Den Eintritt der Nerven aus der Sclera in die Cornea und ihre gröbere Vertheilung in letzterer hat auch dieser Forscher ziemlich naturgetreu dargestellt; die Schilderung der feineren Verhältnisse ist dagegen minder richtig ausgefallen. Die Knotenpunkte an den oberflächlicheren und tieferen „Netzen" werden als mit Membranen und Kernen versehene „Nervenzellen" bezeichnet. Die von einer zur anderen „Zelle" verlaufenden Fasern sollen immer gleich dick bleiben, nie Varicositäten zeigen und niemals Kerne enthalten. Die oberflächlichen Nervenzüge sollen ein unmittelbar unter dem Epithel gelegenes Netz bilden. Mit den Hornhautkörpern verbinden sich die Fasern nicht. Die Nerven stammen, soweit der Verfasser sich überzeugen konnte, nur aus der Sclera; sie sind sensibler Natur. Ausserdem sollen aber in der Cornea auch noch trophische Nerven enthalten sein, die mit den Capillargefässen eintreten und theils in Nervenzellen endigen, theils ist ihre Endigung nicht sichtbar. Ihr Maschenwerk ist dichter, die Zellen kleiner, die Fasern feiner, als in den sensiblen Nerven der Hornhaut. Ob sie mit der letzteren in Verbindung stehen, ist ungewiss. — Lightbody hat wahrscheinlich die dichten, oberflächlichen, aus feinen Fasern bestehenden Nervenplexus am Hornhautrande für trophische Nerven angesehen, zumal dieselben zum Theil in den die Capillarschlingen adventitia-artig einhüllenden Bindegewebszügen verlaufen.

In meiner noch vor Lightbody's Arbeit veröffentlichten Mittheilung „über den Austritt von Nervenfasern in das Epithel der Hornhaut (32), habe ich nachzuweisen versucht, dass das vermeint-

liche „Endnetz“ der Autoren nicht das wirkliche Endgebilde der Hornhautnerven darstelle. Jenes „Netz“ bestehe vielmehr aus Plexus feiner Nervenfasern, welche in den mit Kernen versehenen drei- oder mehreckigen Knotenpunkten sich nur durchflechten. Von den Knotenpunkten zweigen sich schliesslich Aestchen ab, welche mit benachbarten Nerven sich nicht weiter verbinden, vielmehr gegen die Vorderfläche der Hornhaut sich erheben, dabei gewöhnlich sich bedeutend verdicken, nach längerem oder kürzerem Verlaufe die vordere elastische Lamelle derselben durchbohren und zu dem mehrschichtigen Epithel der Hornhaut in eine nähere Beziehung treten. Dieses Verhältniss näher darzulegen, war mir nicht gelungen, da für diesen Zweck meine Untersuchungsmethoden nicht ausreichten, doch sprach ich die Vermuthung aus, dass die plexusförmigen Bildungen der Hornhautnerven auch noch innerhalb oder unterhalb des Epithels sich fortsetzen dürften. Ich hatte diese Verhältnisse hauptsächlich an den Augen von Kaninchen, von Vögeln und auch an denen der Frösche dargethan.

Gleichzeitig mit mir hatte Cohnheim den Hornhautnerven seine Aufmerksamkeit zugewandt und war bei seinen Forschungen viel glücklicher als ich, indem es ihm gelungen war, durch Auffindung der Vergoldungsmethode sämmtliche von mir noch unentschieden gelassene Fragen der endgültigen Entscheidung nahe zu bringen. In seiner ersten vorläufigen, bald nach dem Erscheinen meiner Arbeit veröffentlichten Mittheilung (33) wies er nun nach, dass in den 15—20 in die hintere Schicht der Cornea eintretenden Nervenstämmchen die anfangs noch grösstentheils markhaltigen Fasern nach Verlust ihres Markes in eine sehr grosse Anzahl von feinen, zuweilen varicösen Fäserchen zerfallen, dass mithin die Axencylinder sich theilen. Die kernhaltigen Knotenpunkte und Aeste der oberflächlicheren und tieferen scheinbaren Nervennetze stellen bestimmt nur echte Geflechte oder Plexus dar. Von dem oberflächlichsten dieser Nervenplexus steigen nun Zweige zum Epithel empor, durchbohren aber die sogenannte Bowmann'sche Schicht nicht (entgegen meinen Behauptungen), sondern lösen sich noch innerhalb dieser letzteren in Büschel feinster varicöser Fasern auf, welche darin in der Richtung nach dem Centrum der Hornhaut zu verlaufen, weshalb auch jene Corneaschicht seiner Ansicht nach passend als stratum nervosum zu bezeichnen wäre. Durch wirkliche Anastomosen der in dieser Schicht verlaufenden Fasern entsteht ein

dichtes und zierliches „Nervengitter"; die Fasern desselben enthalten keine Kerne mehr. — Von diesen Büscheln und Nervengittern nun steigen zahlreiche feinste, gewöhnlich noch varicöse Fäserchen zwischen den mehrschichtigen Lagen des Epithels bis zur äusseren freien Oberfläche der Hornhaut empor, wo sie unmittelbar oder nach mehrfachen Verzweigungen mit einer knopfförmigen Anschwellung endigen und in der die Hornhautoberfläche bespülenden capillaren Flüssigkeitsschicht frei flottiren. Bei diesem Verhalten könne es wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass diese Nervenfasern als sensible zu betrachten seien. — Obige Darstellung bezog sich hauptsächlichlich auf die Cornea des Meerschweinchens, doch fand er an den Hornhäuten von Kaninchen, Ratte, Maus und Hund ein wesentlich gleiches Verhalten. Beim Frosche dagegen wäre der Verlauf der Hornhautnerven ein in vieler Beziehung durchaus verschiedener, Autor enthielt sich jedoch ganz der Darstellung desselben, da er „lediglich die Angaben W. Kühne's in jeder Hinsicht bestätigen müsste." Ebenso verzichtete er auf die Beschreibung der sehr zahlreichen, in den tieferen Schichten der Cornea verlaufenden Nervenfasern.

In einer wenige Wochen nach dem Erscheinen von Cohnheim's Arbeit veröffentlichten Mittheilung von Kölliker (34) wurden meine und Cohnheim's Beobachtungen in allen wesentlichen Punkten bestätigt. Kölliker hatte mittelst der Vergoldungsmethode die Hornhäute von Kaninchen und Meerschweinchen, Menschen und Frosch untersucht und hatte beim Menschen die wesentlich gleichen Verhältnisse wie bei ersteren Thieren gefunden. Seine Darstellung wich aber in mehreren nicht ganz untergeordneten Punkten von Cohnheim's Angaben ab. Er erkannte die Zusammensetzung des sogenannten Endnetzes als eines aus varicösen Fibrillen bestehenden Plexus an, doch lässt er es unentschieden, ob in demselben nicht auch wirkliche Verbindungen einzelner Nervenfasern unter einander vorkommen. Die „durchbohrenden", bei Kaninchen mit eigenthümlichen Verdickungen versehenen Zweige lassen sich an Goldpräparaten deutlich als Bündel von Axencylindern erkennen. Dieselben dringen, entgegen Cohnheim's Behauptung, wirklich durch die Lamina elastica anterior hindurch. Der aus diesen Zweigen hervorgehende Plexus liegt demnach nicht innerhalb jener Corneaschicht, sondern oberhalb derselben, zwischen ihr und den Basen der tiefsten Epithelzellenschicht und wird daher in der That

richtig als subepithelialer Plexus bezeichnet. Beim Meerschweinchen bilde dieser Plexus ein wirkliches Endnetz, während beim Kaninchen nur wenig Anastomosen der nach dem Centrum verlaufenden Fasern vorkommen sollen. Die zwischen den Epithelzellen zur Oberfläche aufsteigenden „Endfasern" werden gleichfalls bestätigt, doch weicht Kölliker in seiner Darstellung insofern von Cohnheim ab, als er die schliessliche Theilung und den horizontalen Verlauf dieser Fasern in den äusseren Epithelschichten als Regel aufstellte, ferner dass er die nach Cohnheim frei an der Oberfläche hervorragenden Enden, welche in der die Hornhautfläche benetzenden Flüssigkeit frei flottiren sollen, läugnete und nur zugab, dass sie höchstens bis an die freie Oberfläche zwischen den oberflächlichsten Epithelschichten emporsteigen, in der Regel aber unterhalb der äussersten Zellenschicht endigen. — Endlich erwähnt Kölliker besonderer nicht zahlreicher Nerven der Membrana Demoursiana, welche als kleine Zweige von den Nervenstämmen nach den hinteren Theilen der Cornea sich wenden, daselbst in feinste varicöse Nervenfädchen sich auflösen, dicht an der Elastica posterior in sich rechtwinklig kreuzenden Richtungen verlaufen, oft rechtwinkelige Knickungen bilden, unter einander zu anastomosiren scheinen und andererseits Theilungen wirklicher Axencylinder darstellen, ausserdem auch in zahlreichen Fällen frei endigen. — Beim Frosche bestätigte Kölliker meine Angaben in Bezug auf die durchbohrenden Fasern. Er fand ferner bei demselben eine subepitheliale Nervenausbreitung, bestehend aus vorzugsweise parallel verlaufenden und häufig anastomosirenden feinsten „Axencylindern" und alsdann auch die von dieser Nervenschicht im Epithel senkrecht aufsteigenden und schliesslich mit horizontalen Zweigchen aufhörenden Endfäden. Die Kühne'sche Nervenausbreitung in den hinteren Schichten der Froschhornhaut fasste Kölliker auf als „Nerven der Demours'schen Haut oder der hinteren Hornhautfläche", bestimmt zur Perception des intraoculären Druckes. Die Fasern dieser Schicht stammen theils von den gröberen Nervenplexus in den hinteren Hornhautlagen, theils treten sie am Rande der Hornhaut als feine Fädchen ein, deren Abgang von gröberen Zweigen nicht nachzuweisen ist. Dieselben bilden zusammen ein grobmaschiges wirkliches Geflecht von Nervenprimitivfasern und mehrfaserigen Bündeln, welche unter rechten Winkeln sich verzweigen und da und dort wieder unter einander sich verbinden. Die von Kühne behauptete Ver-

bindung dieser Fasern mit Ausläufern der Corneazellen wird von Kölliker bestimmt in Abrede gestellt, ebenso die Verbindung mit den Epithelzellen der Demours'schen Haut, doch hat er auch freie Enden an diesem Geflechte nicht wahrgenommen. — Wesentlich die gleichen Angaben finden sich in der neuesten Ausgabe von Köllikers Handbuch der Gewebelehre.

Die zweite, umfangreichere Arbeit von Cohnheim »über die Endigungen der sensiblen Nerven in der Hornhaut (35) giebt, ausser einer genaueren Beschreibung der Vergoldungsmethode und deren Einwirkung auf verschiedene Gewebselemente, nur eine ausführlichere Auseinandersetzung der in der ersten Mittheilung bereits niedergelegten, an Hornhäuten von Säugethieren und speziell vom Meerschweinchen gewonnenen Anschauungen, so wie für letztere die näheren Belege. Insbesondere wird eine ausführlichere Beschreibung der subepithelialen Nervenausbreitung geliefert und in Bezug auf die Endfäden angeführt, dass ausser den über die Hornhautfläche frei hervorragenden Endigungen der Nervenfasern auch noch ganz entsprechende Endigungen zwischen den äussersten Schichten des Epithels vorkommen. — Ausserdem widmet Cohnheim auch den »sensiblen« Nerven in der Hornhaut des Frosches diesmal eine nähere Beachtung und weist nach, dass bei letzterem die den sogenannten Endnetzen in den vorderen Hornhautschichten bei Säugethieren entsprechenden Plexus fehlen, vielmehr von den in der Tiefe gelegenen Stämmen sich aus Bündeln markloser Fasern bestehende Aeste abzweigen, welche fast vertical bis unter das vordere Epithel aufsteigen. Aus diesen Aesten geht nun eine Schicht horizontaler Fasern im »Subepithelialstratum« hervor, welche beim Mangel einer vorderen elastischen Lamelle der tiefsten Epithelschicht unmittelbar anliegt. Die Ausbreitung der aus einem solchen Bündel ausstrahlenden Fasern ist eine mehr sternförmige; die Bündel benachbarter Fasern verbinden sich unter einander theils unmittelbar, theils vermöge seitlicher und querer Verbindungsfasern und bilden so ein echtes Netz. Von diesem Netze steigen endlich wie bei Säugethieren Endfäden zwischen den tieferen Epithelschichten senkrecht auf, biegen dann in den vorderen Schichten um und »erstrecken sich« schliesslich zwischen den platten Epithelien. Ihre eigentliche Endigung ist nicht näher beschrieben, nur wird hervorgehoben, dass kein einziger Faden vor die vorderste Epithellage in die präcorneale Flüssigkeit hinaustritt. — Auf das von Kühne beschriebene reiche

System von Nervenfasern in den verschiedenen Lagen der Hornhaut geht Cohnheim nicht näher ein; er gedenkt bei einer anderen Gelegenheit des Genaueren darauf zurückzukommen.

Meine eingangs niedergelegte Beschreibung des Nervenverlaufes in der Cornea stimmt, wie wir sehen in fast allen wesentlichen Theilen mit der Cohnheimschen Darstellung überein; doch kann ich nicht umhin, auf einige Punkte näher einzugehen, in welchen unsere Ansichten etwas bedeutender differiren. Was die Endigungen und das nähere Verhalten der von mir sogenannten subbasalen Nervenausbreitung anbetrifft, so kann ich hier nur constatiren, dass derselben bisher noch von keinem Forscher eine besondere Aufmerksamkeit zu Theil geworden ist. Doch beschreibt Cohnheim (35, pg. 17—18) mit wenigen Worten die ganz entsprechenden Bildungen in den mittleren und hinteren Schichten der Hornhaut, (letztere sind, wie wir gesehen haben, auch von Kölliker bereits näher berücksichtigt worden); erwähnt auch, dass manche Fasern derselben »sich nicht bis zur Verschmelzung mit anderen verfolgen lassen«, kommt aber schliesslich zu dem Resultate, dass die ganze Anordnung dieser Fasern eine so »eigenthümliche und eigenartige sei, dass ihre Verfolgung einer besonderen Untersuchung vorbehalten bleiben müsse«. — In Bezug auf die Lage der subepithelialen Nervenausbreitung muss ich mit Kölliker bei der Ansicht verharren, dass eine von Cohnheim geläugnete, der »Elastica anterior« der menschlichen Cornea entsprechende messbare Schicht an den Hornhäuten von Kaninchen und Meerschweinchen allerdings existirt und dass der subepitheliale Nervenplexus über und nicht in derselben gelagert ist. Diese Schicht unterscheidet sich auf Quer- und Längsschnitten von Hornhäuten, an welchen das Epithel durch Maceration sich abgelöst hat, sehr deutlich von den übrigen Schichten der Hornhautsubstanz durch stärkere Lichtbrechung, einen gewissen Glanz, den Mangel von Hornhautzellen und ein geringeres Quellungsvermögen. Zwar stellt sie sich nicht so homogen dar, wie beim Menschen, vielmehr vereinigen sich in derselben die Fortsätze der vordersten Schicht der Hornhautzellen arcadenartig zu einem wie aus Schlingen gebildeten Maschenwerk, (diese Arcadenbildung ist beim Menschen dicht an der Basalmembran besonders schön); aber seit den Untersuchungen von Tamamschef (Centralblatt für die med. Wiss. 1866, p. 353), welche ich zum Theil bestätigen kann, weiss man jetzt, dass nicht nur die vordere Basal-

schicht beim Menschen, sondern selbst die Descemetsche Haut aus einem dichten filzartigen Flechtwerk feinster Fibrillen besteht. An Schnitten von stärker macerirten Vergoldungspräparaten habe ich mich ferner wiederholt überzeugt, dass bei vollständiger Ablösung des Epithels die Fibrillen des daran haftenden Nervenplexus sich mit abheben und förmlich mit zerbröckeln. In meiner ersten Arbeit habe ich auch bereits gezeigt, dass nur hier und da von den durchbohrenden Aesten stärkere Fasern abgehen, welche noch eine kleine Strecke weit in rinnenförmigen Vertiefungen der Basalmembran verlaufen. Endlich fand ich an Querschnitten gut vergoldeter menschlicher Hornhäute keine Spur von Geflechten innerhalb der Basalschicht, sondern einerseits nur zwischen derselben und dem Epithel, andererseits unterhalb derselben d. i. die subbasalen Geflechte. Das letztere gilt auch für Kaninchen, Hund und Katze.

Was ferner die besondere Beschaffenheit des subepithelialen Plexus anbetrifft, so kann ich weder Cohnheim noch Kölliker beistimmen, wenn sie denselben als echtes Netz betrachten, vielmehr kann ich ihn nur für einen Plexus feinster Fasern halten. Einerseits finde ich nämlich häufig an noch nicht stark gedunkelten vergoldeten Hornhäuten, insbesondere an denen des Menschen, dass die in anderen Fällen als vereinzelte varicöse Fasern bestehenden Aestchen dieser Schicht sich deutlich als Bündel feinster Fibrillen darstellen, die je nach der Dicke des Bündels mehr weniger zahlreich erscheinen, andererseits finde ich an meinen Präparaten sehr zahlreiche Kreuzungen der Fasern, die auf den ersten Blick wie Anastomosen sich darstellen. Es kommen Stellen vor, wo drei und mehr Fasern über einander fortlaufen, ohne innigere Verbindungen einzugehen. Ferner muss ich auch Engelmann vollkommen beistimmen, welcher an frischen Hornhäuten vom Frosch nachgewiesen hat, dass die im normalen Zustande nicht varicösen Fibrillen der subepithelialen Schicht sich nur einfach kreuzen oder aneinander legen, aber nicht mit einander wirklich zu vereinzelten Fasern verschmelzen. Auch habe ich bereits oben gezeigt, dass bei vorsichtiger Ablösung des Epithels von entsprechend vorbereiteten Hornhäuten die in grösserer Ausdehnung freigelegten Fibrillen des subepithelialen Geflechtes nicht nur gleichartig, sondern auch vollkommen gesondert d. h. nicht zu Netzen vereinigt sich darstellten.

Was die Varicositäten der Nervenelemente anbetrifft, so finde

ich dergleichen bei meinen Goldpräparaten auch an solchen Fasern, welche deutlich als Bündel von Fibrillen sich darstellen. Ueberhaupt muss ich hervorheben, dass an Goldpräparaten diese körnchenförmigen Bildungen ohne Zweifel als Kunstproducte zu betrachten sind, erzeugt durch die reducirende Wirkung gewisser in den Fibrillen und deren Bündeln enthaltener Stoffe. Die feinsten Fibrillen werden oft nur durch die in regelmässigen Reihen angeordneten zarten dunklen Körnchen erkennbar, während dagegen in den grösseren Aesten zwischen den das Bündel bildenden Fibrillen ganze Haufen solcher Körner mehr weniger regelmässig zerstreut angetroffen werden. Insbesondere bilden sich solche Körnerhaufen an Präparaten, die einer mehr prolongirten Einwirkung der Goldlösung ausgesetzt waren. Die reducirende Substanz findet sich, wie es scheint, an der Oberfläche der feinsten Fibrillen und häuft sich unter gewissen Bedingungen, ähnlich wie das Myelin, in regelmässigen Abständen im Verlaufe der Fibrillen an. Grössere Ansammlung solcher Substanz bedingt die Entstehung der an Goldpräparaten so häufigen knopfförmigen Bildungen am freien oder abgerissenen Ende der Fibrillen, ähnlich wie dergleichen in vergrössertem Massstabe an entsprechenden Enden markhaltiger Fasern durch Austritt oder Quellung des Markes erzeugt werden. Ferner gehören hierher auch die starken Verdickungen längerer Stücke von Fibrillen, wie sie unter gewissen Bedingungen an der intraepithelialen Nervenausbreitung angetroffen werden und die Klein als charakteristisch für die oberflächlichsten Fasern dieser Schicht angesehen hat. Die Bildung derartiger Varicositäten unter der Einwirkung verschiedener anderer Reagentien, insbesondere verdünnter Chromsäure, ist wahrscheinlich durch die absatzweise Quellung oder Ansammlung derselben Substanz (Myelin?) bedingt.

Nach den entscheidenden Beobachtungen von M. Schultze über die fibrilläre Beschaffenheit der sogenannten Axencylinder und der Nervenzellen (vergl. z. B. Strickers Handbuch der Gewebelehre, 1871, p. 108) dürfte es jetzt wohl kaum noch einem Zweifel unterliegen, dass überall da, wo man scheinbare Theilungen von nervösen Fasern, »Axencylindern« oder selbst Fibrillen wahrnimmt, eine einfache Spaltung des stärkeren Convolutes in schwächere Fibrillenbündel anzunehmen ist, und ebenso dürfte auch, zumal nach den Erfahrungen, welche die Wissenschaft gerade an den Nerven der Hornhautsubstanz und insbesondere dem sogenannten

»Endnetz« gemacht hat, für die Annahme von wirklichen netzartigen Verbindungen der Nervenfibrillen sich ebenso wenig ein entsprechender Anhalt mehr finden lassen.

Was endlich die nach Cohnheim frei über das Epithel der Hornhaut hervorragenden Fäden der letzten Enden der Hornhautnerven anbetrifft, deren Existenz beim Meerschweinchen von Cohnheim so entschieden und wiederholt behauptet wird, so habe ich so wenig wie Kölliker und andere Forscher von deren Dasein mich zu überzeugen vermocht, obschon ich vortreffliche Vergoldungspräparate auf Horizontal- und Querschnitten wiederholt und sorgfältig durchmustert habe. Ebenso wenig vermochte ich an Horizontalschnitten frischer Hornhäute, in humor aqueus untersucht, Spuren solcher frei flottirenden Enden wahrzunehmen. Vielleicht hat Cohnheim Präparate vor sich gehabt, wo die nur lose haftenden Zellen der obersten Epithelialschicht durch die Maceration in angesäuertem Wasser sich abgelöst hatten und in Folge dessen die darunter liegenden Fasern über die Oberfläche frei hervorragten.

Engelmanns (36) sorgfältige Untersuchungen an der Hornhaut des Frosches haben zu sehr genauen und wahrheitsgetreuen Ergebnissen geführt, welche um so werthvoller sind, als sie fast ausschliesslich an frischen, in humor aqueus suspendirten Hornhäuten angestellt waren, mithin in einem Zustande, der dem während des Lebens bestehenden noch am meisten nahe kam. Im Allgemeinen gelangte Engelmann allerdings zu denselben Resultaten, wie die letzangeführten Forscher bei Anwendung der Vergoldungsmethode; im Einzelnen ergeben sich jedoch Differenzen, bei welchen ich mich auf Engelmanns Seite stellen muss. — In Bezug auf den Eintritt und Zusammensetzung der gröberen Stämmchen, ihre Verästelung, den Zerfall der stärkeren Fasern in Fibrillen, der Plexusbildung, die Anwesenheit von Kernen, den Abgang von durchbohrenden Fasern ergeben Engelmanns Untersuchungen nichts Abweichendes. Dagegen zeigt Engelmann, dass auch beim Frosch eine Elastica anterior existire, die zwar den gewöhnlichen Hornhautlamellen sehr nahe steht, aber durch ein viel dichteres fibrilläres Gefüge sich auszeichnet; sie hat eine Dicke von 0,006—0,008 Mm. Die durchbohrenden Aeste dringen durch die Nervenporen derselben hindurch; die aus den Aesten hervorgehenden kernlosen Fasern verlaufen oberhalb dieser Schicht nach verschiedenen Richtungen, kreuzen sich wiederholt und theilen sich, bilden so ein die Hornhautoberfläche

überspinnendes scheinbares Netzwerk, aus welchem zwischen den Zellen des Epithels Endfäden emporsteigen, um schliesslich zwischen den äussersten Schichten des letzteren, nachdem sie zu unmessbar feinen Fädchen geworden sind, »frei zwischen den Epithelzellen zu verschwinden«. — Ausser den grossen Stämmen treten in die Hornhaut zahlreiche, aus vereinzelten oder mehreren blassen Fasern bestehende sehr dünne Aestchen. Einzelne dieser letzteren steigen zur Hornhautfläche als durchbohrende Aestchen empor; die meisten dagegen bilden mit den aus der Verästelung der grösseren Stämme hervorgehenden Fasern das Kühne'sche dichte Geflecht in den hinteren Hornhautschichten. Von einer Verbindung der Fasern desselben mit den Ausläufern der Hornhautzellen konnte auch Engelmann sich nicht überzeugen. Daneben hat er aber auch keine freien Endigungen wahrzunehmen vermocht. Er fand nur, dass bei fortgesetzter Theilung und gegenseitiger Kreuzung die Fasern schliesslich an Durchmesser abnehmen, unmessbar fein werden und der weiteren Beobachtung sich entziehen.

Ebenso wie Engelmann spricht sich auch Dwight (37) auf Grund seiner Goldpräparate gegen die Kühne'schen Angaben aus.

Tolotschinow (38) ist bei seinen sorgfältigen, mittelst der Vergoldungsmethode vorzugsweise an menschlichen Hornhäuten angestellten, Untersuchungen zu wesentlich gleichen Resultaten gelangt, wie Kölliker und Cohnheim. Seine Beschreibung stimmt daher auch mit meiner obigen Darstellung wesentlich überein, nur ist sie weniger speziell, namentlich was die subepithelialen Plexus anbetrifft, und berücksichtigt auch nicht näher die der Corneasubstanz eigenthümliche Nervenausbreitung. In letzterer Beziehung führt Verfasser nur an, dass von den Nervenbündeln der gröberen Plexus vereinzelte Primitivnervenfasern sich abzweigen, welche zum Hornhautgewebe gehen und zwischen dessen Zellen sich mehrfach verzweigen; in Betreff ihrer Verbindung mit letzteren liesse sich etwas Bestimmtes nicht feststellen. Das subepitheliale Geflecht liegt nach ihm auf der vorderen Oberfläche der Elastica anterior und ist ein »aus Fasern und Bündeln bestehendes Netz«. Die von letzterem zwischen den Epithelzellen aufsteigenden varicösen Fäden enden alle mit kolbenförmigen Verdickungen, und zwar kleineren Theils in der Schicht der rundlichen Zellen, grösseren Theils zwischen den äussersten platten Epithelschichten, ohne auf die Oberfläche herauszutreten. — Tolotschinow hat gegen 40 in die Cornea eintretende Stämme

gezählt von 0,01—0,02 Linien Dicke, welche nur 2—5 Fasern enthalten sollen; von letzteren ist nur die Hälfte markhaltig. Dieselben werden $^1/_2$ Linie vom Rande ebenfalls marklos und theilen sich weiterhin jede in 3—4 Fasern. Ausserdem treten aus der Sclera in die Cornea auch noch gesonderte feine Fasern. Beim Eintritt liegen die Nervenstämme zwar näher der hinteren Corneafläche, indessen entbehrt das hintere Dritttheil der Cornea ganz der Nerven.

Die Arbeit von Petermöller (39) gelangt zwar im Allgemeinen zu ähnlichen Resultaten, wie die Untersuchungen der letztangeführten Forscher, insbesondere wird der Austritt der Nervenfasern ins Epithel und ihre schliessliche »freie« Endigung an der äussersten Oberfläche desselben anerkannt, aber im Einzelnen lässt sowohl die Untersuchung, als auch die Darstellung die nöthige Sorgfalt und Genauigkeit vermissen. Die dem Verfasser bereits bekannten Angaben von Cohnheim, Kölliker und Engelmann sind bei der Untersuchung nicht ausreichend berücksichtigt worden und selbst die ziemlich ausführliche historische Einleitung ist nicht frei von Ungenauigkeiten. — Die Hornhäute verschiedener Thiere und des Menschen wurden zum Zwecke der Untersuchung theils in gewöhnlichen Essig gelegt, theils mit Lösungen von salpetersaurem Silber oder Goldchlorid behandelt, worin sie zum Theil selbst mehrere Tage lang verblieben (!). In Folge dieser übermässig langen Einwirkung letzterer Flüssigkeiten mussten die Hornhäute stark verändert werden, wie dies auch schon aus den der Arbeit beigegebenen Abbildungen hervorgeht, und konnten aus diesem Grunde dem Verfasser auch nicht einen klaren Einblick gewähren in die eigenthümliche Ausbreitung der Hornhautnerven. — Petermöller hält die oberflächlichen Geflechte von Nervenfibrillen in der Hornhautsubstanz für wahre Netze, entstanden durch die Anastomose »einzelner« Nervenfasern. Das Wesen der Knotenpunkte scheint er nicht erkannt zu haben, wenigstens werden die an der Vereinigungsstelle mehrerer »Nervenfasern« gesehenen »Anschwellungen« nicht näher charakterisirt. In der Epithelschicht sollen der Oberfläche parallel liegende feine Netze varicöser Nervenfasern vorkommen, welche durch alle Schichten des Epithels verbreitet sind und bis an die äusserste Oberfläche vordringen. Einen Zusammenhang der Nervenfasern mit Hornhautkörperchen hat Autor nicht zu constatiren vermocht.

Die in den Handbüchern von Hessling (40), Luschka (41)

und Frey (42) enthaltenen, auf die Hornhautnerven bezüglichen Angaben geben im Wesentlichen die Beobachtungen früherer (Hessling) oder neuerer Forscher wieder; nur bestreitet Frey den Cohnheimschen Ausspruch, dass die Nerven der Cornea sich über die vordere Oberfläche des Epithels erstrecken. — Dieselbe Ansicht soll auch von Hulke (43) vertreten sein, dessen Arbeit mir leider nicht zu Gebote gestanden hat. — Rollett's (44) auf eigene Untersuchungen basirter Artikel gelangt zu denselben wesentlichen Resultaten, wie Cohnheim, Kölliker und Engelmann. In Betreff der Endigungen am Epithel erwähnt er eines von S. H. Chapmann gefertigten Präparates von der Kaninchenhornhaut, an welchem ein feines Geflecht wahrzunehmen war, das auf der Oberfläche des äusseren Epithels aufliegen sollte. Die gleich näher zu erwähnenden Beobachtungen von Lipmann werden von Rollett bestritten. Moseley (45) dagegen, dessen Originalarbeit mir leider fremd geblieben ist, bildet Beispiele des nach seiner Aussage allerdings seltenen Uebergangs von Nervenfasern in Hornhautkörperchen ab, giebt aber zu, dass diese Bilder möglicher Weise auf Täuschung beruhen.

Lipmann (46) constatirt ebenso wie Kühne die Verbindung der Nerven in der Hornhautsubstanz mit sternförmigen fixen Corneazellen und glaubt hiermit den anatomischen Nachweis der sogenannten trophischen Nerven der Hornhaut geliefert zu haben. Er weicht aber darin von Kühne ab, dass er nicht den Uebergang der feinen nervösen „Axencylinder" in das Protoplasma der Zellen durch Verbindung mit deren Fortsätzen annimmt, sondern seiner Angabe nach gehen die zartesten, nur mit starken Vergrösserungen wahrnehmbaren fibrillären Aestchen der „wirklichen" Nervennetze in den hinteren Lagen der Hornhaut durch das Protoplasma der Zellen hindurch zum Kern und endigen in dessen Kernkörperchen. Der Eintritt in die Zelle erfolgt sowohl von deren Ausläufern aus, als auch an irgend einer Stelle des von Ausläufern freien Zellencontours. Ausserdem treten nach Lipmann zahlreiche feine Fibrillen durch die Elastica posterior und endigen in den Kernkörperchen der die Oberfläche derselben bekleidenden Zellen. Die an manchen Präparaten nicht selten wahrnehmbaren, mit einer kolbigen oder birnförmigen Anschwellung versehenen Endigungen von Fasern mittlerer und selbst geringerer Feinheit hält Lipmann für Kunstproducte, erzeugt durch Zerrung resp. Zerreissung der „Ner-

verröhren" und Austritt des „Inhaltes" an der Ritzstelle, indem man derartige Gebilde auch zuweilen in der Continuität der Fasern und an anderen Stellen eine Fortsetzung der unterbrochenen Faser vermöge eines ungefärbten Zwischenstückes in eine gefärbte Faser wahrnehmen könne. Lipmann's Angaben stützen sich hauptsächlich auf Untersuchungen an mit Goldchlorid gefärbten Präparaten. Meine eigenen, auf denselben Gegenstand bezüglichen Ansichten habe ich im vorhergehenden beschreibenden Theile dieser Arbeit bereits mitgetheilt (in dem Abschnitt über die Nerven in der Hornhaut der Amphibien). Hier will ich nur hervorheben, dass eine klare Darlegung dieser complicirten Nervenvertheilung in den hinteren Schichten der Froschhornhaut die allergrössten Schwierigkeiten bietet, dass mannigfache Täuschungen kaum zu vermeiden sind und in Folge dessen ein Endurtheil über widersprechende Beobachtungen so lange zurückgehalten werden muss, bis sichere positive Beweise pro oder contra gewonnen worden sind.

Zwei in den letzten Jahren in Petersburg erschienene, mit der Histologie der Hornhaut sich befassende Dissertationen von Nikolajew und Lawdowsky lassen auch den Nerven derselben eine besondere Berücksichtigung zu Theil werden. Beide Autoren haben ihre Untersuchungen an vergoldeten Hornhäuten von Menschen und Thieren angestellt, trotzdem gelangt Nikolajew (47) angeblich zu wesentlich gleichen Resultaten, wie die älteren Forscher, welchen die Vergoldungsmethode noch unbekannt war. Die aus den mit kernhaltigen Knotenpunkten versehenen Geflechten und Nervenstämmen durch consecutive Theilung derselben hervorgegangenen Axencylinder endigen, immer feiner werdend und zum Theil sich selbst noch verästelnd, in der Corneasubstanz und zum geringeren Theile in den Canälchen und Zellen derselben, (wie? ist nicht näher angegeben). Die meisten finden sich in den mit Nerven am reichsten versehenen vorderen Corneaschichten; insbesondere reich daran ist die Bowmansche Membran, in deren vorderster Wand (?) die Nerven endigen. Die Existenz der die letztere Schicht durchbohrenden Aestchen wird geläugnet. Die Annahme einer subepithelialen Nervenausbreitung von Seiten Cohnheims und Tolotschinows beruht auf optischer Täuschung, erzeugt durch Bildung von Rissen in der Kittsubstanz, welche die tiefste Epithelschicht auf der Bowmanschen Lamelle fixire; jene Autoren hätten die Verschiedenheit der Bilder von Querschnitten bei verschiedener Focuseinstellung

nicht gehörig beachtet; an frischen Präparaten sei nichts davon wahrzunehmen. Die kolbenförmigen Enden vor dem Epithel wären erzeugt durch Goldniederschläge auf der Oberfläche des Epithels; die Linien zwischen den Zellen des Epithels dagegen entständen in der »Zwischensubstanz« in Folge des Zusammendrückens der Epithelzellen. Die Methode der Untersuchung frischer Hornhäute vom Frosch in der feuchten Kammer bietet nach dem Verfasser nicht die grossen Vorzüge, welche derselben von Engelmann zugeschrieben werden; die Angaben des letzteren Forschers über die durchbohrenden Aestchen, Nervenporen, subepithelialen Fasern etc. werden daher auch nicht näher gewürdigt. Die von Engelmann in den hinteren Schichten der Hornhaut gesehenen dichten Nervengeflechte wären nach dem Verfasser nur die Grenzräume zwischen den die Grundsubstanz bildenden Bündeln. Von den die Hornhautnerven betreffenden beiden Arbeiten Cohnheims scheint Nikolajew nur die vorläufige Mittheilung im Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften gelesen zu haben; ebenso scheint ihm auch meine frühere Arbeit über den Austritt von Nerven in das Hornhautepithel völlig fremd geblieben zu sein.

Lawdowsky (48) schildert den Eintritt, die Verästelung und Geflechtbildung der Nervenstämme innerhalb der Corneasubstanz im Wesentlichen übereinstimmend mit den neueren Forschern. Auch von den mit Kernen versehenen Knotenpunkten giebt er eine ganz entsprechende Schilderung und erkennt an, dass die »Axencylinder und Fasern« innerhalb derselben sich dicht aneinander legen. Doch findet seiner Ansicht nach in denselben nicht bloss eine Durchkreuzung und Auswechselung der Nervenfäden statt, sondern sie stellen auch Ausgangspunkte für neue Bündel und einzelne Fäden dar; man kann dieselben sehr wohl als Ganglien betrachten, die mit Nervenzellen verwandt sind, »indem nach M. Schultze's neueren Untersuchungen die letzteren als Knäule von Axencylindern angesehen werden müssen, die durch kernhaltiges Protoplasma mit einander vereinigt sind«. Mittelst solcher Ganglien, sowie vermöge Anastomosenbildung zwischen vereinzelten aus denselben entspringenden Axencylindern und selbst zwischen feinsten varicösen Fibrillen, die aus letzteren hervorgegangen und nur mit stärksten Vergrösserungen wahrzunehmen sind, werden engmaschige Netze gebildet. Die feinsten varicösen Fibrillen verlaufen zusammen mit Bündeln von Nervenfasern auf ziemlich langen Strecken innerhalb der mit

einer eigenen Membran versehenen »Saftkanälchen« der Hornhautsubstanz, innerhalb welcher sie theilweise zu dem »sogenannten Arnoldschen subepithelialen Nervennetz« aufsteigen und damit in nähere Verbindung treten mit der epithelialen Bedeckung der Hornhaut. Ein anderer kleiner Theil dieser Fäserchen endigt mit eigenthümlichen kleinen rhombischen Plättchen in den Wandungen der Kanälchen (beim Hunde); der grössere Theil derselben dringt dagegen in das Protoplasma der in den Kanälchen enthaltenen Zellen und endigt sich verbreiternd am Kerne selbst oder dringt in denselben ein, um im Kernkörperchen zu endigen (bei Frosch, Hund, Katze, Kalb). Ein anderer Theil der Nerven, welcher in keine nähere Beziehung tritt zu den Saftkanälchen und Corneakörpern, bildet in Vereinigung mit den in die vordersten Schichten der Cornea vom Rande her eintretenden Nervenstämmchen das »Arnoldsche subepitheliale Nervennetz«, welches der Verfasser »in Uebereinstimmung mit Cohnheim« zum grösseren Theil in die Dicke der Bowmanschen Membran verlegt, und zwar theils in die oberflächlichste Schicht derselben, theils auf deren Oberfläche. Die Endfäden dieses Netzes dringen als Axencylinder in die epitheliale Bedeckung der Hornhaut ein, bilden hier ein weniger dichtes Netz und endigen dem Anscheine nach, indem sie nur bis zu den abgeplatteten Schichten des Epithels herantreten, wahrscheinlich erheben sie sich aber, wie dies Cohnheim beobachtet hat, auf die freie Oberfläche des letzteren mit kolbenförmig verdickten Enden. Verfasser widerlegt hier dann weiter ausführlich die widersprechenden Behauptungen von Nikolajew und stellt zum Schluss eine Hypothese auf, wonach die Nervenausbreitung in der Hornhaut einen zusammengesetzten und mit anderen Apparaten vereinigten »reflectorischen Mechanismus« darstellt. Derselbe bestehe aus sensiblen, an der Oberfläche der Hornhaut endigenden Fasern, aus den vereinigten und unter einander durch Zwischenfäden communicirenden Ganglien und endlich aus mit den Ganglien gleichfalls durch Nervenfasern vereinigten, Arbeit leistenden Organen, als welche die in den Saftkanälchen gelegenen Zellen anzusehen sind, welche ja nach Kühne contractil sein sollen.

Indem ich jeden Commentar zu diesen letzteren Arbeiten für überflüssig erachte, beschränke ich mich hier nur auf die Bemerkung, dass nach der Fig. 1 der Abbildungen von Lawdowsky zu schliessen und entsprechend der Angabe desselben über den Verlauf der

feinsten varicösen Fasern innerhalb der Saftkanälchen, die subbasale Nervenausbreitung diesem Autor dem Ansehen nach bekannt gewesen ist, wenngleich er die eigentliche Bedeutung derselben nicht richtig aufgefasst hat.

Was endlich die neueste, eingangs bereits wiederholt citirte Arbeit von Klein (49) anbetrifft, so sind die darin zusammengestellten Resultate erlangt worden durch die oben bereits erwähnte Modification der Cohnheim'schen Vergoldungsmethode. Die Vertheilung der Nerven in der Substanz der Hornhaut von Kaninchen wird übereinstimmend mit Cohnheim dargestellt, ebenso das subepitheliale »Netzwerk«, nur findet Klein darin noch zartere und zahlreichere mit einander anastomosirende Fibrillen, wie jener. Die von letzterem zwischen der pallisadenförmigen Epithelschicht zur Oberfläche aufsteigenden Fibrillen bilden durch Theilungen und Anastomosirungen zwei intraepitheliale Netzwerke: ein »tieferes« im Niveau der äusseren Enden des Pallisadenepithels und ein »oberflächliches« unterhalb der ersten oder zweiten oberflächlichsten platten Zellenlage. Letzteres ist dichter als das erstere und zeigt eine grössere Dicke der Fasern. Die von den Netzwerken entspringenden und bis zur Oberfläche emporsteigenden Fasern endigen daselbst jedoch nicht, sondern kehren wieder in die Tiefe zurück. — Beim Frosch befasst sich Klein nur mit dem in den hinteren Schichten der Cornea sich ausbreitenden Nervengeflecht, dessen Ursprung und Bildung wesentlich in Uebereinstimmung mit früheren Forschern dargestellt werden. Die aus Verästelungen desselben hervorgehenden feinsten Fibrillen sollen sehr zarte »Endnetze« bilden, welche die der äusseren Corneafläche zugewandte Fläche der sternförmigen Corneakörper überspinnen, aber nicht in dieselben eindringen. Dergleichen Fibrillen lassen sich auch zum Endothel der Membrana Descemetii verfolgen. — Ich habe eine derartige nähere Beziehung der feinsten Fibrillen zu jenen Elementen nicht zu constatiren vermocht.

Von neueren hierher gehörigen Arbeiten ist schliesslich auch noch der Abhandlung von Helfreich »über die Nerven der Conjunctiva und Sclera« (50) Erwähnung zu thun, in so fern der Verfasser in derselben einerseits zu dem Schlusse gelangt, dass die Nerven der von ihm untersuchten Gebilde wesentlich ähnlich endigen wie die der Hornhaut, und andererseits auch eine kurze Uebersicht liefert über die Resultate seiner eigenen an Goldpräparaten

angestellten Untersuchungen der Hornhautnerven. Verfasser schildert ganz kurz die Vertheilung und den Verlauf der letzteren wesentlich in Uebereinstimmung mit Cohnheims Angaben. — In Bezug auf die Scleranerven vermag ich mich mit diesem Autor nicht in Uebereinstimmung zu setzen, wenn schon ich in dieser Richtung keine speciellen Untersuchungen angestellt habe. Trotzdem ich mehrere Male sehr gut vergoldete Präparate von der Sclera weisser Kaninchen erhielt und dieselben vollkommen durchsichtig gemacht hatte, so konnte ich mich doch nicht überzeugen, dass die wenigen durch diese Membran nach der Cornea ziehenden Aestchen und Fasern besondere, derselben eigens zugehörige, Nerven darstellen. Noch weniger vermochte ich an der Sclera vom Frosch Nerven wahrzunehmen, vielmehr glaube ich, dass die von Helfreich in der äusseren bindegewebigen Schicht der Sclera dieses Thieres aufgefundenen reichlichen, aus markhaltigen und marklosen Fasern bestehenden Geflechte den am bulbus entlang ziehenden Nerven angehören, welche zur Cornea treten. Wir haben dieselben im beschreibenden Theile bereits geschildert und uns überzeugt, dass dieselben schon vor dem Eintritt in die Cornea Geflechte bilden und reichliche marklose Fasern abgeben, die als solche ebenfalls in die Cornea eindringen. — Da in der vorliegenden Arbeit die Nerven der Sclera ebenso wie der Conjunctiva nicht näher in Betracht gezogen werden, so erscheint es auch nicht nothwendig, die ältere hierauf bezügliche Literatur einer genaueren Analyse zu unterwerfen.

Literaturverzeichniss.

1. Schlemm. Encyclopädisches Wörterbuch der medicinischen Wissenschaften, IV. Bd. pg. 22, und Zeitschrift für Ophthalmologie von Ammon, I. Bd. 1. Heft.
2. Friedr. Arnold. Anatomische und physiologische Untersuchungen über das Auge des Menschen; 1832, pg. 27.
3. Huecк. Die Bewegung der Krystalllinse. Dorpat 1839, pg. 71.
4. Engel. Zeitschrift der Aerzte in Wien. 4. Jahrgang, Heft 5; 1847, pg. 311.
5. Beck. Die Verbindung der Sehnerven mit dem Augen- und Nasenknoten, 1847, pg. 19.

6. Friedr. Arnold. Handbuch der Anatomie des Menschen, 1851, Bd. II, pg. 1009 u. folg.
7. Bochdalek. Bericht über die Versammlung der Naturforscher in Prag, 1837, pg. 182. — Oesterreichische med. Jahrbücher, Bd. XX, pg. 2.
8. Valentin. De functionibus nervorum cerebralium, 1838, pg. 18. — Hirn- und Nervenlehre, pg. 322.
9. Pappenheim. Monatsschrift für Medicin, Augenheilkunde und Chirurgie von Ammon, II. Bd. pg. 281, 1839.
10. Pappenheim. Specielle Gewebelehre des Auges, 1842, pg. 55 u. 59.
11. Purkinje. Müller's Archiv, 1845, pg. 292.
12. Brücke. Anatomische Beschreibung des menschlichen Augapfels, 1847, pg. 10 u. 19.
13. Kölliker. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 1849, Nr. 79.
14. Gerlach. Handbuch der allgemeinen und speciellen Gewebelehre. 1848, pg. 427.
15. Bochdalek. Prager Vierteljahresschrift, 1849, Bd. 24.
16. Luschka. Zeitschrift für rationelle Medicin, 1850, Bd. X, pg. 20.
17. Rahm. Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 1850, Nr. 50.
18. Strube. Der normale Bau der Cornea. Diss. Würzburg 1851.
19. Coccius. Ueber die Ernährung der Hornhaut und die Serum führenden Gefässe im menschlichen Körper; 1852, pg. 170.
20. Kölliker. Mikroskopische Anatomie, 1854, Bd. II, pg. 621 u. 626.
21. His. Beiträge zur normalen und pathologischen Histologie der Cornea. 1856, pg. 59.
22. Remak. Müllers Archiv, 1856, pg. 467.
23. Henle. Allgemeine Anatomie, 1841, pg. 324. — Bericht über die Fortschritte der Anatomie im Jahre 1856, pg. 44. — Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen, Bd. II, pg. 609, 1866.
24. Leydig. Lehrbuch der Histologie, 1857, p. 222 u. 232.
25. Krause. Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover 1860, pg. 151 bis 154.
26. Coccius. Ueber Glaucom, Entzündung etc. Leipzig 1859. — Prager Vierteljahresschrift. 1859, Bd. IV, pg. 86.
27. J. Arnold. Die Bindehaut der Hornhaut und der Greisenbogen. Heidelberg 1860.
28. Dr. Th. Sämisch. Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie des Auges. Leipzig 1862, pg. 7—17.
29. J. Ciaccio. On the nerves of the cornea and on their distribution in the corneal tissue of man and animals. Quarterly Journ. of microscop. science. July. Transact. pg. 77. Taf. VI, VII. — Henle's Jahresbericht für 1863, pg. 57.
30. W. Kühne. Gazette hebdomadaire, Tom. IX, Nr. 15, Paris 11. Avril

1862. — Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864. pg. 132 u. folg.

31. W. H. Lightbody. Observations on the comparative microscopic anatomy of the cornea of vertebrates. Journal of anatomy and physiology. Nr. I, 1866, pg. 15 u. folg.
32. H. Hoyer. Ueber den Austritt von Nervenfasern in das Epithel der Hornhaut. Reicherts und Du Bois Reymonds Archiv, 1866, pg. 180.
33. Dr. J. Cohnheim. Ueber die Endigung der sensiblen Nerven in der Hornhaut der Säugethiere. Vorläufige Mittheilung. Centralblatt für die med. Wiss. 1866, pg. 401.
34. A. Kölliker. Ueber die Nervenendigungen in der Hornhaut. Würzburger naturwiss. Zeitschrift. Bd. VI, 1866. — Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl. 1867, pg. 247 u. 650.
35. Dr. J. Cohnheim. Ueber die Endigung der sensiblen Nerven in der Hornhaut. Virchows Archiv, Bd. 38.
36. Th. W. Engelmann. Ueber die Hornhaut des Auges, Leipzig 1867.
37. Dwight. Monthly microscop. Journ. July 1869, pg. 45. — Henle's Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie im Jahre 1869, pg. 51.
38. Tolotschinow. Ueber die Nervenendigung in der Epithelschicht der Hornhaut vom Menschen. Medycynsky Wjestnik, 1867, Nr. 44; und Inaugural-Diss. Petersburg 1867; 2 Taf.
39. H. Petermöller. Die Nerven der Cornea. Zeitschrift für rationelle Medicin, dritter Reihe 34. Band, 1. Heft, pg, 88.
40. Th. v. Hessling. Grundzüge der allgem. und spec. Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1866, pg. 224.
41. Luschka. Anatomie des Menschen. 3. Band, 2. Abthlg. Tübingen 1867, pg. 403.
42. Dr. H. Frey. Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen 3. Aufl. Leipzig 1870, pg. 609 u. 333.
43. Hulke. Monthly microscop. Journ. Novbr. 1869, pg. 231. — Henle's Jahresbericht für 1869, pg. 51.
44. Alexander Rollett. Die Nerven der Hornhaut. Artikel im Handbuch der Lehre von den Geweben, herausgegeben von S. Stricker, pg. 1134. 1871.
45. H. N. Moseley. Some remarks on the nerves of the cornea of the rabbit and frog. Quarterly Journ. of microscop. science. July 1871, pg. 261, pl. XIII. — Henle's Jahresbericht für 1871, pg. 30.
46. Dr. H. Lipmann. Ueber die Endigung der Nerven im eigentlichen Gewebe und im hinteren Epithel der Hornhaut des Frosches. Virchows Archiv, Band 48, pg. 218.
47. Maksim Nikolajew. Zur Histologie der Hornhaut des menschlichen Auges. Inaug.-Diss. Petersburg 1868. (Russisch.)
48. M. Lawdowsky. Ueber die Endigung der Nerven in der Hornhaut und über das Verhältniss der saftführenden Kanäle derselben zum lym-

phatischen Systeme überhaupt. Mit 1 Taf. Im Journal für normale und pathologische Histologie, Pharmacologie und klin. Medicin, herausgegeben von Rudnew, Bogdanowsky, Zabjelin und Zawarykin, Band II, pg. 65. Petersburg 1870, August.

49. E. Klein. On the peripheral distribution of non-medullated nerve-fibres. Quarterly Journ. of microscop. science. Oct. 1871. pg. 405. pl. XIX, XX.

50. Dr. Fr. Helfreich. Ueber die Nerven der Conjunctiva und Sclera. Würzburg 1870.

Erklärung der Figuren auf Taf. XIII.

Die Figuren sind sämmtlich nach Goldpräparaten mittelst der Camera lucida angefertigt, insbesondere sind Fig. 3—6 genau danach wiedergegeben, während Fig. 1 und 2, combinirt aus mehreren, nach verschiedenen Präparaten entworfenen Zeichnungen, ein mehr schematisches Gepräge erhalten haben. Die in verschiedenen Schichten der Hornhaut liegenden Elemente mussten natürlich in den Zeichnungen in eine einzige Ebene projicirt dargestellt werden. Fig. 1 ist gefertigt bei 300facher, die übrigen Figuren bei 160facher Vergrösserung.

Die im Knotenpunkte auseinander weichenden und sich durchflechtenden Fibrillen sind mit feinen Varicositäten besetzt; in den Knotenpunkten und Nervenästen Neurogliakerne.

Fig. 1. Schnitt von der Oberfläche der Corneasubstanz des Kaninchens nach Ablösung des Epithels durch Maceration. Die feinkörnigen, kernhaltigen, sternförmigen, zu einem scheinbar continuirlichen Netz vereinigten Gebilde stellen die oberflächlichste Lage der Corneazellen dar. a a Das oberflächlichste Nervengeflecht (»Endnetz« der früheren Autoren), von welchem die durchbohrenden Aeste (b) sich abzweigen, um an die Oberfläche gelangt, die pinselförmig auseinanderweichenden Bündel der subepithelialen Nervenausbreitung (c) zu bilden. Aus demselben gehen auch zum grossen Theil die feinen geschlängelten varicösen Fibrillen der subbasalen Nervenausbreitung (d d) hervor.

Fig. 2. Die zwischen den oberflächlichsten platten Zellschichten des Epithels sich ausbreitenden Nervenfibrillen (Endplexus). Die Contouren des Epithels sind nur angedeutet. Die Fibrillen kreuzen sich mannigfach in verschiedenen Schichten, verzweigen sich, anastomosiren, bilden theils einfache, theils knopfförmige Enden; sie sind zum Theil mit Varicositäten besetzt, zum Theil abnorm verdickt (bei a), zum Theil bilden sie vollständig schlingenförmige Umbiegungen (bei b).

Fig. 3. Oberflächliche Nervenausbreitung vom limbus conjunctivae des Menschen. aa Capillarschlingen am Cornearande; bb das aus mehr geschlängelten Fibrillen gebildete, dichte, subbasale Geflecht an der Peripherie der Cornea; c ein von der Conjunctiva aus eintretendes Nervenästchen; dd das dichte aus feinsten Fibrillen bestehende, schräg gerichtete, subepitheliale Geflecht an der Peripherie der Cornea.

Fig. 4 u. 5. Das subepitheliale Geflecht vom Menschen. Fig. 4 stellt einen Schnitt von der peripherischen Zone dar; aa durchbohrende Aestchen. Fig. 5 Schnitt von einem dem Centrum nahen Theile mit gröberen Fibrillen; die Maschen des groben Geflechtes sind von einem sehr zartfaserigen bei b dargestellten Geflecht ausgefüllt.

Fig. 6. Ungemein dichte Nervenausbreitung aus den oberflächlichsten Schichten der Corneasubstanz vom Menschen (subbasale Nervenausbreitung). a Nervenästchen mit Knotenpunkt ohne Kerne; bb davon ausgehende Fasern des etwas tiefer gelegenen Geflechtes stärkerer Fibrillen; cc oberflächlicheres Geflecht der feinsten Fibrillen.

Geendigt in Warschau am 22. Juli 1872.

Notiz über die Ranvier'schen Sehnenkörper.

Von

Dr. A. Gruenhagen

in Königsberg i./Pr.

Hierzu Tafel XIV.

Bekanntlich fand Ranvier in den langen Schwanzsehnen der Mäuse und Ratten Zellenreihen vor, welche ihm zufolge Hohlrollen darstellen und, hintereinander gelagert, mit ihren freien Rändern unter einander verlöthet, epitheliale Röhren innerhalb der Zwischenräume der Sehnenbündel bilden sollten. Nach neueren Untersuchungen von Boll hingegen bestehen jene Zellreihen aus Platten von eigenthümlicher Gestalt, welche der Oberfläche der Sehnenbündel fest aufsitzen und in der Regel kaum die Hälfte der Peripherie eines Sehnenbündels einscheiden.

Bei Imbibition der Sehnen mit Schweigger-Seidel'scher Carmin-Lösung und nachträglicher Extraction des überschüssigen Farbstoffs mit salzsaurem Glycerin habe ich die betreffenden Gebilde durch sanftes Zerdrücken der gequollenen, äusserst weichen und durchsichtigen Sehnenbündel mittelst des Deckgläschens isolirt und Folgendes ermittelt.

Im isolirten Zustande lassen die fraglichen Gebilde einen platten, elliptischen Kern (Länge 7,95 μ, Breite 6,36 μ) erkennen, welcher durch Carmin intensiv roth gefärbt wird, wie alle Kerne, und der convexen Fläche einer muldenförmig gekrümmten, oblong gestalteten Platte aus hyaliner Substanz anliegt. An dieser Platte, welche in einigen Fällen durch eine mehr weniger seitlich aufsitzende Rippe

in zwei ungleich grosse Doppelrinnen zerlegt wird (s. Fig. 4. a.) erscheint die eine Langseite gewöhnlich dicker und glänzender als die andere, mitunter kommt es jedoch vor, dass sich beide Langseiten in Bezug auf ihr optisches Verhalten gar nicht von einander unterscheiden. Die hyaline Substanz der Platte ist namentlich in der Gegend des Kernes von einer körnigen Masse überzogen, welche, ebenfalls auf der convexen Krümmung abgelagert, als Protoplasma-Mantel des Kerns aufgefasst werden muss (Fig. 2. b.).

Betrachtet man die tingirte Platte in einer zu ihrer Fläche senkrechten Richtung so scheint dieselbe nur sehr blass rosa gefärbt, steht sie dagegen unter dem Mikroskope auf hoher Kante oder auch in schräg geneigter Lage, so zeigt sie ein gesättigtes Roth. Diese Verschiedenheit der Färbung lässt sich leicht verstehen, wenn man bedenkt, dass der Strahl des durchfallenden Lichtes in dem einen Falle wenig, in dem andern mehr gefärbte Substanz zu durchwandern hat und darum durch Absorption bald mehr bald weniger Einbusse erleidet.

Den langen Rändern des Plattenrechtecks fügen sich nun oftmals Ansatzstücke von schwankender Gestalt an. Die beigefügten Abbildungen (Fig. 2. a. b.) zeigen uns zunächst jederseits ein blasseres, sehr zart gestricheltes, ebenfalls muldenförmig gekrümmtes Flügelstück, welches seinerseits am freien, der Langseite des Plattenrechtecks parallelen Rande ein äusserst zartes, in viele spitze Fortsätze auslaufendes Häutchen trägt. Die zackigen Ausstrahlungen des erwähnten Häutchen lassen sich nicht selten in weiter Ausdehnung bis zu zarten Linien hin verfolgen (Fig. 2. a.), von denen nicht lange zweifelhaft bleibt, dass sie die freien, etwas umgeschlagenen Rändern geborstener Schläuche darstellen, welche in normalen Verhältnissen die Sehnenbündel umschliessen.

Begleitet wird eine jede isolirte Reihe der beschriebenen Zellplatten von einem oder von zwei glänzenden, äusserst feinen elastischen Fäden, welche sich weit im Gesichtsfelde verfolgen lassen, sich bisweilen dichotom theilen, stets aber entsprechend der Entstehung des Präparates kurz abgerissen enden (Fig. 2. e e.).

Zur Entscheidung der Frage, wie man sich die Lagerung der so eben beschriebenen, eigenthümlichen Körper zu der fibrillären Zwischensubstanz der Sehnenbündel zu denken habe, bediente ich mich solcher mikroskopischen Bilder (Fig. 3. 6. u. 7.), in welchen die Isolation der Zellplatten und Sehnenbündel nur unvollständig gelun-

gen war, und bin dabei zu der Ueberzeugung gelangt, dass das muldenförmige Mittelstück ebensowohl als die daran befestigten Flügelstücke sämmtlich mit ihrer Concavität die convexe Oberfläche der Sehnenbündel umschliessen, und, dass ferner von den Ansatzlinien der einzelnen Theilstücke nicht bloss nach einer Richtung, sondern nach zwei Richtungen hin hautförmige Fortsätze ausstrahlen, welche zwischen sich Sehnenbündel einschliessen.

Wir hätten uns hiernach den Bau der Maus- und Rattensehnen der Art vorzustellen, dass ein System miteinander verlötheter hyaliner Hohlrinnen in denselben enthalten ist, deren Löthpunkte streckenweise von membranlosen Zellen eingenommen werden, und, dass durch die letzteren eine Verdickung der Hohlrinnenwand am Orte ihrer Auflagerung herbeigeführt wird.

Ein Querschnitt durch die Rattensehne (Fig. 1) musste hiernach dahin gedeutet werden, dass die dicken Knotenpunkte desselben dem Mittelstück der von uns isolirten Gebilde plus der anlieliegenden Zelle, die von ihm ausstrahlenden Linien den optischen Querschnitten der Flügelstücke entsprechen. Für die Gesammtauffassung des Sehnenbaues würde sich ergeben, dass die feinsten Bündel der Sehnenfibrillen von einer festeren Hülle eingescheidet sind, die in ihren Reactionen dem elastischen Gewebe nahe steht. Dieser Hülle liegen streckenweise in zusammenhängender Reihe bei den Ratten, Mäusen und in einzelnen Partieen bei den Sehnen der Frösche, oder in unterbrochener, wie in den Sehnen der meisten übrigen Wirbelthiere membranlose Zellen auf, welche ein körniges, strahlig sich ausbreitendes Protoplasma, Kern und häufig auch ein Kernkörperchen besitzen und an ihrem Fixations-Punkte eine Verdickung der unter ihnen gelegenen Sehnenscheide hervorbringen.

Kern und Protoplasma können, wovon ich mich namentlich an den Sehnen von erwachsenen Kaninchen und Katzen überzeugt habe, verschwinden; es bleiben dann nur die verdickten Stellen der Sehnenscheiden als sogenannte Sehnenkörper übrig.

Zur Unterstützung des Letztgesagten möchte ich auf zweierlei Thatsachen besonders aufmerksam machen, erstens darauf, dass es bei der von mir benutzten Isolations-Methode nicht selten glückt, allein den protoplasmahaltigen Theil des Ranvier'schen Körperchen zu isoliren (Fig. 2. a bei i), und zweitens darauf, dass sich nach Behandlung tingirter Rattensehnen mit einer auf 40° C. erwärmten salzsauren Pepsin-Lösung aus den erheblich zusammengeschrumpf-

ten, zerzupften Sehnenstücken nur die dicken Mittelstücke, häufig ganz hyalin ohne Kern (Fig. 4. a. c.) isoliren lassen.

Ganz im Einklange mit den vorgetragenen Anschauungen stehen Bilder (Fig. 5), wie man sie durch Zerfaserung von Rattensehnen gewinnt, welche in concentrirter Picrinsäure-Lösung erhärtet worden sind und von den dicht anliegenden Scheiden der Sehnenbündel nichts wahrzunehmen gestatten, wohl aber sehr deutlich die aufliegenden Zellkörper mit Protoplasma und Kern zeigen.

Hinsichtlich der mikroskopischen Bilder, welche man durch Einlegen der Rattensehne in $^1/_4$ procentige Höllensteinlösung erhält, kann ich mich Boll nicht anschliessen. Die schwarzen Silberlinien, welche die Sehnenbündel mit einer epithelähnlichen Zeichnung umgränzen (Fig. 8), entsprechen nicht den Contouren der kernbesetzten Platten, vielmehr scheinen dieselben stets mehrere Sehnenbündel zu umspinnen; die von ihnen begrenzten Felder sind unregelmässig; Kerne lassen sich in der letzteren nicht nachweisen. Ich halte es daher für wahrscheinlich, dass sie der Ausdruck einer Zerklüftung der Sehnenbündel-Hüllen sind und die durch eine Kittsubstanz verlötheten Stellen bezeichnen, in welchen sich die jeder einzelnen Zelle zugehörigen Territorien der Hülle aneinander fügen.

Erklärung der Figuren auf Taf. XIV.

Fig. 1. Querschnitt von einer Rattensehne.

Fig. 2. a. b. Isolirte Reihen Ranvier'cher Sehnenkörper.

e. e. e. Elastische Fasern.

i. Isolirter Protoplasma-Körper eines Ranvier'schen Zell-Körpers.

Fig. 3. 6. 7. Sehnenkörper in ihrer Lage zu den Sehnenbündeln, letztere umklammernd.

Fig. 4. a. b. c. Mittelstück isolirt durch Pepsin-Lösung.

Fig. 5. Sehnenbündel der Ratte, Zerzupfungs-Präparat nach Behandlung der Sehne mit Picrin-Säure.

Fig. 8. Rattenschnenbündel nach Behandlung mit Arg. nitric. und Carmin-Tinction nach Schweigger-Seidels Methode.

Zur Frage über die Iris-Musculatur.

Von

Dr. A. Gruenhagen

in Königsberg i./Pr.

Der anatomische Nachweis eines Dilatator pupillae ist, nachdem ich die Fragwürdigkeit seines Daseins ans Licht gezogen hatte, von sehr verschiedenen Seiten versucht worden. Die grössere Anzahl dieser Bemühungen ist nach den darüber vorliegenden Mittheilungen mit Erfolg gekrönt gewesen; die einen schliessen sich in der Beschreibung und Deutung des mikroskopischen Bildes mehr Köllik er, die andern mehr Henle an und fühlen sich bald gedrungen mit dem ersteren Anatomen Theilen des Sphincter pupillae den Namen eines Dilatator pupillae beizulegen, bald decretiren sie mit dem letzteren, dass die eigenthümliche, von Bruch entdeckte, von Heinr. Müller in ihrer Existenz bestätigte Begrenzungsschichte der Iris, welche zwischen hinterem Epithel und Iris-Stroma gelegen ist, musculöser Beschaffenheit sein solle.

Uebersehen wird in dem ganzen Streite, dass die physiologische Forderung eines besonderen Dilatator pupillae nicht mehr zu Rechte besteht — ich erlaube mir in dieser Hinsicht auf die kurze Darstellung der in Betracht kommenden Verhältnisse hinzuweisen, welche ich vor einige Zeit an anderem Orte[1]) gegeben habe — und, dass es etwas ungemein Verschiedenes ist, ob man von radiären Muskelbündeln der Iris oder von einem Dilatator pupillae spricht, denn während man im ersteren Falle lediglich einem anatomischen Sachverhalt sachgemässen Ausdruck verleiht, gestattet man sich im zweiten

---

1) Archiv für d. ges. Physiologie Bd. III. pag. 440.

bereits die Feststellung einer physiologischen Function, und, ganz abgesehen davon, dass die anatomische Kenntniss der Iris-Musculatur bei weitem noch nicht für sichergestellt angesehen werden darf, kann es doch unmöglich Gegenstand eines Streites sein, dass die radiär verlaufenden Züge des Sphincter pupillae, welche Kölliker nicht bis zum Ciliar-Rande der Iris zu verfolgen im Stande war, dennoch aber als Dilatator pupillae ansprach, und, welche ich Insertionsbündel des Sphincter genannt habe, ebensowohl wie die Circulärfasern des Sphincter eine Verengung der Pupille zu bewirken vermögen. Ich erinnere nur daran, dass das Anziehen der gekreuzten Zipfel einer Halzschleife dem gewöhnlichen Verfahren entspricht, mittelst dessen man dieselbe zu festerem Schlusse bringt, und ich bin in der That der Ansicht, dass dieser bekannte Mechanismus sich bei der Thätigkeit der Sphincter-Zipfel in der Iris wiederholt. Ausserdem ist zu constatiren, dass die Forderungen, welche ich für den Nachweis des fraglichen Iris-Muskels berechtigterweise als unerlässlich ansehe, die Isolation unzweideutiger, glatter Muskelelemente aus dem Ciliar-Theile der Iris nach vorangeschickter Abtragung des Sphincter pupillae und seiner nächsten Umgebung, oder Isolation solcher Elemente aus der möglichst rein abpräparirten Bruch'schen Begrenzungsschichte, endlich der Nachweis von Querschnittsbildern glatter Muskeln auf feinen Tangentialschnitten der Iris noch von Keinem der vielfachen Vertheidiger eines Dilatator pupillae der Erfüllung für werth erachtet sind. Und doch wird zur Beilegung der schwebenden Differenz erfordert, nicht nur eine Entscheidung darüber, ob radiäre Muskelfasern in der Iris vorkommen oder nicht, sondern auch, ob die unzweifelhaft vorhandenen, spärlichen Radiär-Züge die Function eines Dilatator besitzen, nicht nur, ob die Begrenzungsschichte Bruch's existirt und faseriger Textur ist oder nicht, sondern auch, ob jene Schichte denn überhaupt als zum Muskelgewebe gehörig angesehen werden dürfe.

Alle diejenigen Abhandlungen also, welche Uebergänge circulärer Sphincter-Fasern in solche von radiärem Verlaufe streckenweise durch die Ciliar-Zone der Iris verfolgen konnten und daraus auf die Existenz eines Dilatator pupillae geschlossen haben, sind in der vorliegenden Frage von keiner Bedeutung. Ihnen halte ich den physiologischen Nachweis entgegen, dass ein dilatirender Muskel bei dem normalen Spiel der Pupille keine Rolle spielt und führe ihnen gegenüber pathologischerseits an, dass die Pupille bei Mydriasis

durch centrale Oculomotorius-Lähmung absolut bewegungslos ist, was bei der Gegenwart eines besonderen, von einem besonderen Nerven versorgten, mit der Function der Pupillendilatation betrauten Muskels unerklärlich sein würde.

Alle diejenigen Abhandlungen ferner, speciell auch die letzthin in Stricker's Handbuch der Gewebelehre von Iwanoff veröffentlichte, in welchen nicht angegeben ist, dass eine Zerklüftung der Bruch'schen Begrenzungsschichte in glatte Muskelfaserelemente auf unzweideutige Weise bewerkstelligt werden konnte, haben Nichts zur Lösung der fraglichen Angelegenheit beigetragen. Die von Henle und seinen Nachfolgern als musculös bezeichnete hintere Begrenzungsschichte der Iris erstreckt sich bei den Säugethieren und beim Menschen bis zum Ciliar-Rande der Iris, wo sie zwischen den von ihr freibleibenden Faltungen des Ciliar-Körpers in die Glaslamelle der Chorioidea übergeht. Sie ist namentlich deutlich an Zerzupfungs-Präparaten der nach Schweigger-Seidel's Tinctions-Methode mit Carmin gefärbten Kaninchen-Iris in feine Fasern zerlegbar, welche ihrem Aussehen und ihrer chemischen Reaction nach feinen elastischen Fasern gleichen und durch eine eiweissreiche, pigmentirte Kittsubstanz, welche ich für den Mutterboden des aufliegenden Epithels halte, mit einander verlöthet sind. In der Gegend des inneren Sphincter-Randes endigt sie in allmählichem Uebergange zum bindegewebigen Stroma der Iris; die schräg nach hinten aufsteigenden Insertions-Bündel des Kaninchen-Sphincter treten an sie heran und bedienen sich ihrer gleichsam als Aponeurose. Sie ist nicht musculös; denn sie lässt sich durch keines der bekannten Isolations-Mittel in Elemente von der Beschaffenheit glatter Muskelzellen, weder im Kaninchen noch im Menschen-Auge, zerspalten und findet sich, was ihre Auffassung als glatte Muskelplatte sicherlich unwahrscheinlich macht, nicht nur in der Iris des Menschen und der Säugethiere, sondern ebenso deutlich auch in der mit quergestreifter Muskulatur versehenen Regenbogenhaut der Vögel. Hier, wo wir mehr oder minder reichlich je nach der Art der zum Object der Untersuchung dienenden Vögel quergestreifte radiäre Muskelfasern von der ebenfalls quergestreiften Ringfaserung des Sphincter pupillae in die Ciliar-Portion der Iris theils abbiegen, theils senkrecht und durch eine dünne Bindegewebslage von der darüber liegenden Circulär-Faserung getrennt unter den letzteren hinweglaufen und fein zuge-

spitzt im Bindegewebe endigen sehen, tritt der ganze Zwiespalt der einander entgegenstehenden Dilatator-Beschreibungen am klarsten zu Tage.

Nicht einen Augenblick kann man hier zweifeln, dass die radiären Fasern dem von Kölliker besprochenen Schema eines Dilatator, d. i. meinen Insertions-Bündeln des Sphincter adäquat sind — auch haben alle Anatomen, welche auf jene Radiärfasern aufmerksam wurden, kein Bedenken getragen sie als Dilatator pupillae aufzuführen — hier wird aber auch zugleich klar, dass nicht, wie Iwanoff will, eine unerhebliche Differenz der Thierspecies bald zur Annahme einer gleichförmigen Muskelplatte, bald zur Statuirung radiärer Faserbündel Veranlassung gegeben hat, sondern dass die anatomischen Verhältnisse, welche den Grund jener Meinungsschwankungen boten, jederzeit neben und unabhängig von einander bestehen.

Die Begrenzungs-Schichte der Vogeliris hat bei allen von mir untersuchten Vogelspecies (Strix nyctea, flammea und aluco, ferner bei der Gans und dem Huhne) völlig das Aussehen der an gleichem Orte befindlichen Schichte in der Säugethieriris, und ich würde bei einer genaueren Beschreibung derselben nur zu wiederholen haben, was von mir zu anderen Zeiten bereits ausführlich mitgetheilt worden ist. Dieselbe feingestrichelte, mit streifig vertheilten Pigment-Körnchen versehene, in grossen Strecken ohne Spur eines Kernes darstellbare Membran dort wie hier, das gleiche zähe Verhalten bei der Einwirkung verdünnter und selbst concentrirter Alcalien und Säuren. Bei einigen der genannten Vogelspecies (Gans, Huhn) vermag man auf der hinteren Begrenzungsschichte der Iris nach vorangegangener Erhärtung in Müller'scher Flüssigkeit oder in Weingeist und Chlorpalladium und nach Entfernung der obersten Pigmentbedeckung eine Lage spindelförmiger Zellen nachzuweisen, welche einen elliptischen Kern seitlich anliegend erkennen lassen, mit einer mehr oder minder vollständigen Pigmenthülle versehen sind und in oft sehr feine Fortsätze bipolar auslaufen. Dieselben entsprechen offenbar der zweiten Epithel-Lage, welche ich in der Kaninchenіris bereits früher [1]) zu beschreiben Gelegenheit genommen habe, und liegen der erwähnten Begrenzungsschichte fest auf. Präparirt man die letztere von der vorderen Gewebsschichte der

1) Henle und Pfeufers Ztschr. f. rat. Med. Bd. 36, p. 40.

Iris ab, sei es, indem man das musculöse Stroma der Regenbogenhaut vorsichtig und stückweise mit feinen Präparir-Nadeln herunterzieht, sei es, dass man an nicht sehr dünnen Tangentialschnitten der Iris vorderes Irisstroma und hintere Begrenzungsschichte von einander abzulösen versucht, so kann man sich durch das directe Gefühl leicht davon überzeugen, dass die isolirte Bruch'sche Grenzmembran dem Zerzupfen einen nicht unerheblichen Widerstand entgegensetzt, welcher eher ein unregelmässiges Zerbrechen als ein bestimmten vorgebildeten Bahnen folgendes Zerfasern in Aussicht stellt. In der That lassen sich auch auf diesem Wege immer nur Bruckstücke von eckigem Umriss gewinnen.

Alles zusammengenommen glaube ich daher nicht fehlzugehen, wenn ich die von Henle für musculös gehaltene Bruch'sche Begrenzungsschichte der Iris als ein elastisches, in die Reihe der subepithelialen Glasmembranen gehöriges Gebilde anspreche und damit zugleich eine anatomische Grundlage für die bei der Bewegung der Iris so wichtige Eigenschaft ihrer Elasticität herstelle.

Untersuchen wir jetzt, wie sich die Vertreter der mannigfachen Anschauungen über die anatomische Beschaffenheit eines Dilatator pupillae zu den neuen, so eben mitgetheilten Thatsachen verhalten müssen.

Die einen, deren Ermittlungen dazu nöthigten, in der Bruch'schen Begrenzungsschichte der Menschen- und Säugethier-Iris eine Muskelplatte zu erkennen, werden sich logischer Weise auch dazu verstehen müssen, die gleiche Ansicht über die Natur der nämlichen Schichte in der Vogeliris geltend zu machen und die radiären, quergestreiften Faserbündel entweder in meinem Sinne als Sphincter-Theile, oder falls Neigung vorhanden sein sollte, als pleonastischen Dilatator von vorläufig unbekannter Function zu bezeichnen. Sie könnten zur Rechtfertigung des ersten Theils dieser Aufstellung allenfalls mit Cramer darauf hinweisen, dass die electrische Reizung der zur Vogel-Iris hintretenden sympathischen Nervenfasern eine Pupillen-Dilatation bewirkt, welche hinsichtlich der Langsamkeit ihrer Entwicklung eher durch die Action glatter als durch eine Action quergestreifter Muskeln bedingt zu sein scheint.

Diejenigen Anatomen hingegen, welche überall bei Menschen und Säugethieren radiäre Muskelzüge, in gesonderten Bündeln die Ciliar-Portion der Iris durchziehend, als Dilatator beschrieben haben,

werden durch den anatomischen Bau der Vogel-Iris neue Stützen für sich gefunden zu haben vermeinen.

Indem wir die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen hiermit zusammen- und einander gegenübergestellt haben, wird zunächst klar, dass eine Versöhnung der entgegenstehenden Ansichten nicht dadurch möglich ist, dass man sie auf Verschiedenheiten des anatomischen Baus der Iris bei Thieren und Menschen zurückführt. Denn die Bruch'sche Begrenzungsschichte ist eben in den Regenbogenhäuten aller Wirbelthiere gleichzeitig mit mehr weniger deutlich ausgesprochenen radiären Abzweigungen des Sphincter pupillae (die letzteren besonders stark ausgeprägt beim Kaninchen) nachweisbar. Aus der Constanz der Erscheinung aber, welche das Fundament der einen Anschauung, der Variabilität, welche das der andern in verschiedenen Thierreichen besitzt, folgt unzweifelhaft eine anatomische und physiologische Verschiedenheit beider, und es darf daher nicht etwa daran gedacht werden, die subepitheliale, vermeintliche Muskelplatte und die radiären Muskelbündel des Iris-Stroma als nebeneinandergelagerte, jedoch gleichwerthige Theile eines und desselben Muskelindividuum anzusehen.

Also ergiebt sich zweitens, dass mindestens eine der beiden Anschauungen über die Beschaffenheit des so oft gesuchten Dilatator pupillae falsch sein muss. Die mögliche Quelle des Irrthums kann aber nun je nachdem man der einen oder der andern Ansicht huldigt, entweder in einer fehlerhaften Auffassung der physiologischen Function, welche die aus dem Sphincter pupillae abbiegenden Radiär-Bündel besitzen, oder in einer histologisch unrichtigen Deutung eines Gewebs-Complexes gesucht werden. Und es ergiebt sich daher endlich die Berechtigung einer dritten, physiologisch gut begründeten Ansicht, welche, als die meinige, ich mir erlaube in folgender Weise zusammenzufassen.

Es erscheint mir völlig zweifellos, dass die Bruch'sche Begrenzungsschichte dem glatten Muskelgewebe nicht zuzurechnen ist; ein Gewebe, welches so wesentliche Abweichungen in seinem chemischen und morphologischen Verhalten von gewöhnlichem glatten Muskelgewebe und speciell von sämmtlichen glatten Binnenmuskeln des Auges zeigt, ist eben kein glatter Muskel. Wie schon früher erwähnt worden, halte ich es für sachgemässer, die fragliche Schichte den elastischen Gebilden an die Seite zu stellen. Hin-

sichtlich der glatten, beziehungsweise quergestreiften Radiärfasern des Iris-Stroma, welche mir niemals glücken wollte bis zum Ciliar-Rande der Iris zu verfolgen, und, welche insbesondere bei Säugethieren nur in geringer Entfernung vom Sphincter pupillae überhaupt noch aufgefunden werden können, muss ich bemerken, dass etwas Entscheidendes über ihre Bedeutung vom rein anatomischen Standpunkte aus nicht beigebracht werden kann, dass die nahe Beziehung derselben zum Sphincter und ihre spärliche Entwicklung aber sie eher in der Bedeutung von Theilen des Sphincter mit der oben angegebenen physiologischen Function als in derjenigen eines besonderen Muskels mit eigenartiger Leistung erscheinen lassen.

Der quergestreifte Muskel.

Von

Dr. Fr. Merkel,
Professor der Anatomie in Rostock.

II.

Der Contractionsvorgang im polarisirten Licht.

(Hierzu Taf. XV.)

Die Betrachtung des Muskels in polarisirtem Licht scheint, wenn man erst die wenigen Handgriffe, welche das Polarisationsmikroskop erfordert, kennt, eine so leichte und einfache zu sein, dass man einen Zweifel über die Deutung der erhaltenen Bilder kaum für möglich halten sollte, woher es auch kommt, dass man in jedem schwierigen Fall stets zu diesem Untersuchungsmittel greift, und die Polarisation als Schiedsrichter aufruft. So bedeutend nun wirklich der Werth dieser Eigenschaft des Muskels für die Erkennung seiner Structurverhältnisse ist, so erfordert doch der Gebrauch der Polarisation eine weit grössere Vorsicht, als man gewöhnlich glaubt und es sind Irrthümer keineswegs ausgeschlossen. Dass es in der That nicht leicht ist, sich über die gewonnenen Bilder zu verständigen, zeigen die kurz aufeinander folgenden Publicationen von Krause, Hensen und Heppner, welche sämmtlich die Polarisation benützten und doch zu so verschiedenen Resultaten kamen, wie ich dies früher schon [1]) referirte.

1) Dieses Archiv VIII. Bd. p. 244.

Gleichzeitig mit meiner ersten Abhandlung über den Muskel theilten zwei andere Untersucher, Flögel[1]) und Engelmann[2]), die Resultate ihrer Beobachtungen mit, die mit den meinigen im Allgemeinen zwar in erfreulichster Weise harmoniren, aber leider gerade in Bezug auf die letzte Entscheidungsquelle, die Polarisation, von den meinigen bemerklich abweichen. Während F. und E. betonen, dass die doppeltbrechende Substanz stets den gleichen Platz behalte, führten mich meine Untersuchungen, auch im polarisirten Lichte, darauf hin, einen Platzwechsel derselben anzunehmen und sie, die sich in der Ruhe um die Mittelscheibe gehäuft findet, im Zustande der vollen Contraction an die Endscheibe zu verlegen.

So sehr auseinandergehende Angaben mussten zu einer wiederholten sorgfältigen Prüfung des Contractionsvorganges überhaupt und besonders der Leistungen des polarisirten Lichtes in Bezug auf denselben veranlassen, deren Ergebnisse hier folgen.

Die Betrachtung des ruhenden Muskels bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Frisch zeigen sich die breiten Querstreifen contractiler Substanz in gewöhnlichem Licht, wie bekannt, dunkler, als das Gesichtsfeld, in derselben Zwischensubstanz findet man die Endscheibe ebenfalls als dunkle Linie markirt und es kann überhaupt ein Zweifel über dieses Bild nicht bestehen. In Alkohol gehärtete Präparate zeigen die regelmässigen Abtheilungen, wahrscheinlich in Folge der Gerinnung, noch dunkler[3]) und desshalb deutlicher, als im Leben, sonst jedoch unverändert.

Betrachtet man nun eine solche ruhende Faser unter gekreuzten Nicols, gleichviel ob frisch oder in Glycerin oder Canadabalsam liegend, so findet man stets die dunkel aussehenden Stellen, d. h. also die contractile Substanz und die Endscheibe hell leuchtend und scharf begrenzt, die Zwischensubstanz dagegen so exquisit einfachbrechend, dass bei vollständig verdunkeltem Gesichtsfeld keine Spur davon zu sehen ist, die doppeltbrechenden Stellen liegen scheinbar unverbunden nebeneinander (Fig. 5). Man mag etwas dickere

---

1) Dieses Archiv VIII. Bd.

2) Proces-verbaal. Koninkl. Acad. te Amsterdam. 27. Jan. 1872. Nr. 7.

3) Es wird hier absichtlich der Ausdruck »dunkel« der Benennung »stärker lichtbrechend« vorgezogen, da augenblicklich von keiner innern Eigenschaft des Muskels, sondern nur von dem sich darstellenden mikroskopischen Bild die Rede ist.

Fasern oder dünne Fibrillenbündel vor sich haben, stets bleibt in jeder Einstellung das Bild gleich. Ganz dicke, besonders übereinanderliegende Muskelmassen sind, wie bekannt, zur Polarisation überhaupt nicht brauchbar.

Tritt nun der Muskel in Action, so kann man eine grosse Anzahl von Zwischenstufen finden, je nachdem gerade die Faser von der starrmachenden Flüssigkeit überrascht wurde. In meiner ersten Abhandlung, die nur den Zweck hatte, in allgemeinen Conturen den Vorgang der Muskelthätigkeit zu skizziren, konnten diese Zwischenstufen natürlich eine nähere Besprechung nicht finden, und auch jetzt scheue ich mich, eine allzu detaillirte Darstellung derselben zu geben, in der Furcht, den Leser mit Dingen zu ermüden, die er sich selbst mit Zuhilfenahme der von mir aufgestellten Contractionstheorie leicht construiren kann. Nur drei Bilder sollen noch besprochen werden, die von besonderem Interesse zu sein scheinen. Das eine dieser Bilder findet seinen Platz vor dem Zwischenstadium, die beiden anderen kommen zwischen diesem letzteren und der vollen Contraction zu stehen.

Einer bequemeren Beschreibung wegen werde ich in Folgendem zwischen Ruhe und vollendeter Contraction vier Stadien unterscheiden.

Ruhe.

I. Stadium: Abnahme der Höhe der isotropen Substanz und dadurch Aneinanderrücken der Querstreifen contractiler Substanz. (Fig. 1a. I).

II. Stadium: Zwischenstadium (Fig. 1a. II).

III. Stadium: Erstes Auftreten contractiler Substanz an der Endscheibe (Fig. 1a. III).

IV. Stadium: Contractile Substanz an Mittel- und Endscheibe (Fig. 2).

Volle Contraction (Fig. 3).

Das Zwischenstadium fehlt, wie ich früher (l. c.) auseinandersetzte, oft ganz, auch kann natürlich jedes andere Stadium entweder völlig vermisst werden, oder doch nicht deutlich ausgebildet sein.

Ich wende mich nun zur Darstellung dieser Dinge, wie sie sich in gewöhnlichem Licht und bei centraler Beleuchtung[1]) zeigen. Die Veränderung des ruhenden Muskels manifestirt sich zuerst im Aus-

1) Centrale Beleuchtung wurde ganz ausschliesslich angewandt, da seitliches Licht in keiner Weise besseres leistete.

sehen der Zwischensubstanz; dieselbe wird schmaler, sie reducirt sich auf die Hälfte und noch weiter. Die Endscheibe, die vorher scharf zu sehen war, verschwindet. Die Querstreifen contractiler Substanz rücken nun immer näher und näher zusammen, bis sie sich endlich zu berühren scheinen. Es ist nun jede Spur von querverlaufender Zeichnung verschwunden, das II. (Zwischen-) Stadium ist eingetreten (Fig. 1a).

Warum in dem ersten Contractionsstadium die Endscheibe völlig verschwindet, ist schwer zu sagen. Die wahrscheinlichste Deutung ist die, welche schon Flögel (l. c. p. 77) aufgestellt hat, der glaubt, es läge dies nur an dem mangelhaften Auflösungsvermögen unserer Mikroskope. In der That kann man auch constatiren, dass die Endscheiben sehr oft in Zwischenräumen, in denen man sie bei schwacher Vergrösserung verschwunden glaubt, bei Anwendung sehr starker Linsensysteme wieder auftauchen.

In diesem Stadium ist der Querstreifen contractiler Substanz zum mindesten eben so breit, wie in der Ruhe, eher noch etwas breiter, doch zeigt sich in Begrenzung und Ansehen keine auffallende Veränderung; vielleicht ist die contractile Substanz etwas durchsichtiger geworden, so dass man wohl an eine geringe Aufnahme von Flüssigkeit in dieselbe denken könnte.

Geht nun nach dem homogenen Zwischenstadium (II), welches keine mikroskopischen Besonderheiten zeigt, sondern aussieht, als seien die Querstreifen zusammengeflossen, die Contraction weiter, so treten zuerst wieder Querlinien auf (Fig. 1a III), die an der Stelle der Endscheiben liegen, wie man an Fasern, denen das Zwischenstadium fehlt, oder die einen partiellen Contractionsheerd zeigen (Fig. 4) mit Leichtigkeit nachzuweisen vermag. Dieselben sind dunkler als die übrige Masse und treten desshalb scharf hervor. Der übrige Theil aber gleicht noch ganz dem homogenen Zwischenstadium, d. h. man hat eigentlich nur contractile Substanz vor sich. Die Streifen, die eben wieder aufgetreten sind, sind dunkler als letztere, sie sind mithin die dunkelsten Streifen, die im Muskel vorkommen.

Ein Blick auf Fig. 1a lehrt nun, wie ausserordentlich leicht eine Verwechselung des ersten und dritten Stadium möglich ist. An beiden Stellen besteht der Muskel aus einer homogen aussehenden Masse, die durch feine Querstriche regelmässig abgetheilt ist. An beiden Stellen ist die Hauptmasse gleichmässig doppel-

brechende Substanz, wie aus den Lichtbrechungs- und Färbungsverhältnissen hervorgeht; es kommt nun lediglich auf die Einstellung an, ob man das eine oder das andere Bild hervorruft.

Hebt man den Focus nur ganz unbedeutend aus seiner richtigen Entfernung, so dreht sich sofort das Bild um, es verändert sich hell in dunkel und umgekehrt (Fig. 1b); und bedenkt man noch Hensen's Ausspruch (p. 4): »Die geringste Verbiegung oder Schrägstellung der Scheiben schneidet das Licht ganz ab und in diesem Fall wird auch die gewöhnlich helle Zwischensubstanz zu einem dunklen Streifen«, so kann man sich nicht wundern, wenn bisher die allgemeine Ansicht dahin ging, dass der Muskel in contrahirtem Zustand dasselbe Bild gewähre, wie im ruhenden. Noch mehr wird diese Ansicht begünstigt durch die Betrachtung des IV. Stadium (Fig. 2), wo sich die Querstreifen wieder mehr differenziren. Hier erscheint neben dem bestehen bleibenden dunklen Contur der Endscheibe noch ein beträchtlicher Theil contractiler Substanz um die Mittelscheibe gelagert, so dass das Bild dem des ruhenden Muskels vollkommen ähnlich zu sein scheint, wenn man nur die verschieden gewordenen Dimensionen in Anrechnung bringt — und doch ist eine durchgreifende Veränderung im inneren Bau des Muskels vor sich gegangen, wie Flögel und Engelmann in völliger Uebereinstimmung mit mir constatiren können. Flögel schreibt p. 96: »In der Anschwellung selbst ist die Krause'sche Wand (Endscheibe) mit der Zwischensubstanz und den beiden sehr wahrscheinlich auch dort vorhandenen Körnerschichten zusammengedrängt auf einen ungemein dünnen Raum, plötzlich dunkler gefärbt, als die doppelbrechenden Querscheiben«. Engelmann's Worte lauten in der Uebersetzung: »Während die anisotrope Substanz in ruhendem Zustand undurchscheinender und fester ist, als die isotrope (mit Ausnahme der dünnen Krause'schen Membran) nimmt mit steigender Verkürzung diese Verschiedenheit ab, kann scheinbar Null werden, und noch später selbst umkehren«.

Beide Beobachter beschreiben genau dasselbe, was auch ich in meiner früheren Arbeit ausführte, es ist desshalb an der Richtigkeit dieser drei gleichzeitigen Beobachtungen, dass nämlich das Bild des contrahirten Muskels die Umkehrung des ruhenden Zustandes darstellt, wohl kaum zu zweifeln. — Ist nun eine wirkliche, thatsächliche Ortsveränderung der contractilen Substanz vorhanden,

wie ich es bewiesen zu haben glaube, oder scheint dies nur der Fall zu sein, wie die beiden andern Beobachter annehmen?

Hier kann nur ein letztes untrügliches Hilfsmittel entscheiden, es wenden sich desshalb naturgemäss die Blicke auf die Polarisationserscheinungen. Wo eine hell aufleuchtende Stelle ist, liegt contractile Substanz; die Entscheidung kann also keinen Moment zweifelhaft sein. Flögel und Engelmann haben ihre Ansicht bereits kund gethan. Der erstere sagt: »Die weniger gefärbten Scheiben (d) (der Raum von einer dunklen Endscheibe zur andern) bleiben im dunklen Feld leuchtend, womit der Beweis geführt ist, dass d keine Zwischensubstanz, sondern Querscheibe ist«. Letzterer stimmt ihm vollständig bei und nennt während der Contraction »die Polarisationsverhältnisse unverändert« [1]). So klar und einfach nun dieses Resultat erscheint, so ist es doch nicht zutreffend und es ist wirklich, wie ich in meiner ersten Abhandlung schon aussprach, die Stelle der Endscheibe, welche unter gekreuzten Nicols am hellsten erscheint. Dass die beiden Forscher, Flögel und Engelmann, durch ihre Ergebnisse vor ein verschlossenes Geheimniss gekommen waren, dass sich hier Widersprüche finden, die eine Lösung nicht absehen lassen, ergibt der erste Blick und es sind auch Flögel die entstehenden Schwierigkeiten nicht verborgen geblieben [2]). Denn während im ruhenden Muskel mit ausnehmender Leichtigkeit zu constatiren ist, dass diejenigen Theile, die bei gewöhnlichem Licht die dunkelsten sind, im polarisirten Licht doppelt brechen, soll sich nun in der contrahirten Faser die Sache völlig umkehren und das dunkelste auch im polarisirten Licht am dunkelsten, das helle auch dort hell erscheinen. Es ist nur schwer zu glauben, dass eine so tiefgreifende chemisch-physikalische Veränderung des Muskels bei der Contraction vor sich gehen könnte, ohne dass die vielen sorgfältigen Untersuchungen, die von den Physiologen seit einer Reihe von Jahrzehnten darüber angestellt werden, eine Andeutung darüber gegeben hätten.

Betrachtet man eine contrahirte Faser unter polarisirtem Licht, so findet man auch bei sorgfältiger Beobachtung, dass die Sache nicht so einfach ist, wie am ruhenden Muskel. An diesem war ein

1) Tageblatt der 45. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Leipzig 1872 p, 153.

2) L. c. p. 76. Dieser Umstand verwirrt leicht etc.

Zweifel gar nicht möglich; hell und dunkel wechselte stets mit einer solchen Sicherheit und Regelmässigkeit, dass jede Vorsichtsmassregel zur Bestimmung unnöthig war (Fig. 7). An contrahirten Fasern dagegen ist dies nicht der Fall, sondern es kommt lediglich auf die Einstellung an, ob man ein gleiches Bild, wie beim ruhenden Muskel mit breiten hellen und schmalen dunklen, oder umgekehrt mit schmalen hellen und breiten dunklen Streifen bekommt. Hat man eine Faser vor sich, die nicht ganz glatt liegt, sondern etwas wellig gebogen ist, so sieht man die beiden Bilder auseinander entstehen und in einander übergehen (Fig. 8). Zugleich aber zeigt sich, dass niemals Theile der Faser bis zur Unsichtbarkeit dunkel werden, wie beim ruhenden Muskel, sondern stets ist, besonders an nicht zu stark contrahirten Stellen, die ganze Faser sichtbar, die eine Stelle nur relativ heller als die andere. Ein Beweis für die Richtigkeit der dargelegten Verhältnisse lässt sich an Fasern führen, wo sich das I. und III. Stadium der Contraction entweder direct berühren (Fig. 4), oder sich doch sehr nahe stehen (Fig. 1). Ist die Lage Muskelsubstanz nur dünn genug, so findet man stets im ersten Stadium abwechselnd scharfe, breite, helle mit ebenso scharf begrenzten schmalen, dunklen Streifen wechseln, die bis zum Verschwinden aus dem Focus sich stets gleich bleiben, während im dritten Stadium neben den breiten, hellen Streifen schmale dunkle wohl in einer Einstellung vorhanden sein können, um jedoch bei der kleinsten Schraubendrehung in Linien überzugehen, die heller glänzen, als die übrige Substanz.

Engelmann hat also wohl sicher Unrecht, wenn er sagt, dass die Polarisationsverhältnisse unverändert blieben, denn dies ist nur im allerersten Stadium der Fall und Flögel nähert sich der Wahrheit gewiss mehr, wenn er sagt: »Es kommt dann die sonderbare Erscheinung zu Tage, dass sich beim Drehen des Nicols das Bild kaum ändert«, obgleich er dann sofort durch die oben angeführte Stelle diesen Ausspruch wieder paralysirt.

Was ist nun hier die richtige Einstellung, die von F. und E. oder die andere? Eine solche Frage ist schon unzählige Mal bei Untersuchung des Muskels gethan worden und stets musste sie unentschieden bleiben. Denn das meist angewandte Auskunftsmittel, das Gesichtsfeld so zu wählen, dass der Randkontur der beobachteten Faser deutlich ist, lässt vollkommen im Stich, da man leicht nachweisen kann, dass bei einer solchen Einstellung sogar

die verschiedenen Theile einer und derselben Faser ein verschiedenes Verhalten zeigen können (vergl. Fig. 8). Auch eine Vergleichung der Präparate unter gewöhnlichem Licht ergab keine besseren Resultate, da auch hier ein abwechselndes Aufleuchten und Dunkelwerden der einzelnen Theile sich zeigte.

Die so gepriesenen Polarisationserscheinungen liessen an der contrahirten Faser, selbst bei oft wiederholter und eingehender Prüfung, also vollständig im Stich und es musste ein Auskunftsmittel ergriffen werden, welches ich schon bei meiner früheren Arbeit benützt hatte, nämlich die ganze Faser in kleinere Theile, wo möglich Fibrillen zu spalten. Ein wahrhaft unanfechtbares Resultat konnte nur gewonnen werden, wenn die Möglichkeit einer Entstehung von Fehlern aus der Einstellung vollkommen vermieden wurde, was nur dadurch gelingt, dass man für die Bobachtung so dünne Stückchen Muskelsubstanz auswählt, dass sie überhaupt nur bei einer einzigen Einstellung scharf gesehen werden, bei jeder anderen aber so gänzlich undeutlich sind, dass die einzelnen Abtheilungen nicht mehr unterschieden werden können. Schon Flögel erklärt es für möglich, Fibrillen in polarisirtem Lichte zu betrachten, auch mir war es schon früher gelungen; man muss nur directes Sonnenlicht und kein Lampenlicht anwenden. Allerdings ist es nach meinen Erfahrungen nur an Präparaten, die in Canadabalsam eingeschlossen sind, möglich, deutliche Bilder zu bekommen, hier aber auch ganz regelmässig. Das Sonnenlicht wird so benützt, dass man es zuerst ganz voll auf den Spiegel des Mikroskopes fallen lässt, so unter gekreuzten Nicols eine passend liegende Fibrille aufsucht und einstellt; dann blendet man durch eine kleine Wendung des Spiegels das Licht so weit ab, dass bei heller Beleuchtung des Objectes das Gesichtsfeld ganz dunkel wird, und man wird nun die Erscheinungen beobachten können.

Das IV. Stadium und die volle Contraction mussten natürlich vor Allem die Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, da sie hauptsächlich den Ausschlag geben mussten. Es fand sich, dass bei ersteren (Fig. 6) die Theile am glänzendsten sind, welche sich bei gewöhnlichem Licht am dunkelsten zeigen, dass also die physikalischen Erscheinungen mit den beim ruhenden Muskel beobachteten harmonirten.

Vor Allem leuchtet die Endscheibe am deutlichsten auf, dann folgt an Intensität eine kleine um die Mittelscheibe gelegene Stelle,

welche allmählich dunkler werdend nach beiden Seiten verwaschen ausläuft. In der ganzen Faser kommt aber nicht eine einzige Stelle vor, welche völlig dunkel ist, wie im ruhenden Muskel, sondern die doppelbrechende Substanz vertheilt sich in verschiedener Dichtigkeit durch das ganze Element. Diese Vertheilung ist sehr von der ruhenden Fibrille abweichend, indem dort, wie erwähnt, bei keiner Einstellung und bei keiner irgendwie gewählten Lagerung die ganze Ausdehnung derselben sichtbar ist, sondern stets die isotrope Substanz, ihrem Namen gemäss, unter gekreuzten Nicols vollständig verschwindet. Es ist also klar, dass die doppelbrechende, contractile Substanz, die in der Ruhe lediglich um die Mittelscheibe gelagert war, nachdem sie das ganze Element gleichmässig erfüllte (Zwischenstadium), wieder an bestimmten Stellen sich anzuhäufen beginnt. Es konnte sich nun fragen, ob die Anhäufung, die man hier zweifellos an der Mittelscheibe bemerkt, eine active oder eine passive ist; mit anderen Worten, ob sich neuerdings um dieselbe contractile Substanz abgelagert hat, oder ob dies nur ein Rest der noch von der Ruhe her fest an der Mittelscheibe liegenden Masse ist. Die Betrachtung einer Reihe von Mittelstufen bis zur vollen Contraction scheint für letztere Annahme zu sprechen; denn je kürzer das Muskelelement wird, um so schmaler und verwaschener wird auch die an der Mittelscheibe haftende Substanz, bis sie sich an den vollständig contrahirten Stellen auf einen schmalen Strich reducirt hat. Die Betrachtung der vollständig contrahirten Fibrillen unter gekreuzten Nicols, hat mir bei sehr oft wiederholter Beobachtung doch kein ganz zweifelloses Bild gegeben. Ich konnte nicht bis zur Gewissheit eruiren, ob nicht doch vielleicht noch ein minimaler Rest contractiler Substanz, durch das Element zerstreut, übrig bleibt. Das eine Mal schien es, als ob nur die Endscheiben aufleuchteten, das andre Mal glaubte ich doch wieder durch sehr günstiges Licht die ganze Faser schwach grau leuchten zu sehen.

Wer das Polarisationsmikroskop kennt, wird mir keinen Vorwurf machen, dass ich ein Resultat, welches ich früher so sicher glaubte erreicht zu haben (l. c. p. 265), nun wieder selbst bezweifle, wo ich eine grössere Menge von Präparaten mit geübterem Auge durchmustert habe. Wenn nun also wirklich etwas contractile Substanz im Muskelelement suspendirt bleiben sollte, so übt dies doch auf das gleichlautende Hauptresultat meiner früheren und der vorliegenden Arbeit gar keinen Einfluss aus und ich stehe nicht an,

nochmals nachdrücklich zu betonen, dass die contractile Substanz beim Vorgang der Zusammenziehung einen Platzwechsel durchmacht.

Wenn nun auch constatirt werden konnte, dass die Stelle der Endscheibe im contrahirten Muskel doppelbrechend erscheint, so musste es doch wünschenswerth erscheinen, auch noch durch die Messung zu prüfen, ob man keiner Täuschung zum Opfer fällt, wenn man sie für dicker erklärt, als im ruhenden Muskel, wo sie ja ebenfalls das Phänomen der Doppelbrechung zeigt; denn nur durch diesen exacten Beweis ist eine Sicherstellung der Resultate möglich, fehlt derselbe, so ist der Einwurf gerechtfertigt, dass in beiden Zuständen die Endscheibe unverändert dasselbe bedeute.

Es ist nun an polarisirten Muskeln aus naheliegenden Gründen der mikroskopischen Technik höchst schwierig, wenn nicht unmöglich, eine solche Messung anzustellen, doch ist es ja auch gestattet an Muskelfasern die Messung vorzunehmen, die man bei gewöhnlicher Beleuchtung betrachtet, da die Stelle der doppelbrechenden Substanz vorher bestimmt werden kann. Es findet sich nun in der That, dass bei einer Dicke von 0,0015 mm. der Stelle der Endscheibe an der contrahirten Fibrille, dieselbe an der ruhenden Faser höchstens die Hälfte, vielleicht noch weniger beträgt. Bekommt man zufällig eine Stelle zu Gesicht, wo eine ruhende und eine stark contrahirte Fibrille neben einander liegen, so ist eine Messung ganz unnöthig, der Unterschied in der Dicke fällt von selbst in die Augen. Auch zeigt sich an solchen Präparaten sehr schön der Unterschied im Aussehen der contractilen Substanz in beiden Zuständen; während dieselbe im ruhenden Zustand eine mehr milchglasähnliche, durchschimmernde Beschaffenheit zeigt, ist sie im thätigen Muskel sehr stark lichtbrechend und von bedeutendem Glanze, macht, wenn man der gewöhnlichen Anschauungsweise folgt, den Eindruck grösserer Festigkeit. Selbst Fig. 4, wo die Contraction erst beginnt, lässt schon den Unterschied in der Dicke der Endscheibe erkennen.

Da die beschriebenen Polarisationsversuche an Fibrillen gemacht werden müssen, die ungefärbt in Canadabalsam eingeschlossen sind, die sich also für die Betrachtung unter gewöhnlichem Licht sehr schlecht eignen, so wurden noch andre Präparate angefertigt, die in absolutem Alcohol gehärtet und mit Blauholzextract gefärbt wurden, eine Methode, die mir schon früher gute Dienste geleistet hatte. Es fand sich nun noch, dass dieser Farbstoff in nicht zu starker Con-

centration angewandt, ein sehr empfindliches Reagens für alles Doppeltbrechende in der Muskelfibrille darstellt, indem es dasselbe gut kenntlich violett färbt, während alles Einfachbrechende ungefärbt bleibt. Es ist dadurch nicht nur eine werthvolle Controlle gegeben, sondern auch ein Mittel gefunden, welches bei der gewöhnlichen Demonstration die für Ungeübtere schwierig zu handhabende Polarisation vollkommen entbehrlich macht. Ein Vergleich von Fig. 2 und 6, die beide nach dem IV. Stadium gezeichnet sind, ergibt die Richtigkeit dieser Bemerkung, und jedes beliebige Stadium, besonders aber die völlige Ruhe, wo gefärbt und ungefärbt in zierlichster Weise wechselt, kann in gleicher Art als Beweis benutzt werden.

An solchen Präparaten sieht man nun mit noch grösserer Sicherheit, als an polarisirten Fibrillen, dass von Stadium II—IV das ganze Muskelelement, wenn auch verschieden intensiv, gefärbt ist, und auch bei dieser Methode zeigt sich bei völliger Contraction ein blassgrauer Schimmer über die ganze Fibrille verbreitet, was, wie erwähnt, für ein Zurückbleiben minimaler Mengen contractiler Substanz in dem ganzen Raum des Muskelelementes spricht.

Wenn schon das Vorstehende im Zusammenhalt mit meiner früheren Abhandlung sehr geeignet ist, die von mir aufgestellte Contractionstheorie zu bewahrheiten, so findet sich doch noch ein weiteres Mittel, welches unabhängig von den bis jetzt mitgetheilten Thatsachen den Beweis für eine im Innern des Muskels vor sich gehende Veränderung führt. Nach Brücke's Beobachtung, die auch später mehrfach bestätigt wurde, werden die doppelbrechenden Eigenschaften der breiten Querstreifen contractiler Substanz durch Einwirkung von Alcalien und verdünnten Säuren zerstört. Krause[1]) machte dann darauf aufmerksam, dass eine solche Veränderung der Endscheibe, seiner Querlinie, nicht eintritt. Schliesst man nun mit Essigsäure behandelte Muskelfasern nicht in Canadabalsam ein, durch welchen die doppelbrechenden Eigenschaften zur höchsten Geltung gebracht werden, und durch den vielleicht sogar gelöste Substanzen wieder restituirt werden können, sondern betrachtet man schwach in Alcohol gehärtete Fasern unmittelbar nach der Wirkung der Essigsäure, noch mit derselben imprägnirt unter gekreuzten Nicols, so findet man unter gewöhnlichen Verhältnissen in der

1) Zeitschrift f. Biologie, V. Band, p. 417.

ruhenden Faser weder den Querstreifen noch diese Linie; ein Aufleuchten ist fast nie zu finden, und nur die Benutzung des directen Sonnenlichtes erlaubt eine Bestätigung der Beobachtung Krause's. Betrachtet man aber eine contrahirte Stelle, so ist es auch unter ungünstigen Verhältnissen nicht schwierig, helle doppelbrechende Streifen wahrzunehmen, die bei directem Sonnenlicht eben so schön als breite Streifen aufleuchten als hätte man kein Reagens benutzt (Fig. 9).

Diese Beobachtung scheint für das Verständniss der Muskelcontraction von ausnehmender Wichtigkeit zu sein, denn es geht erstens daraus hervor, dass in der ruhenden Muskelfaser das Vermögen der Doppelbrechung zwei verschiedenen Substanzen zukommt, deren eine, die contractile, von der Essigsäure angegriffen wird, während die andre in derselben ihre physikalischen Eigenschaften bewährt. Zweitens aber ergibt sich das gleich wichtige Resultat, dass die säurebeständige Substanz im contrahirten Muskel breiter, und wie aus dem stärkeren Aufleuchten hervorgeht, auch dichter ist, als im ruhenden, dass also an dieser Stelle eine Action vor sich gegangen sein muss. Nun könnte man zwar diese Thatsache dahin deuten, dass man eine innere, d. h. in der Endscheibe selbst gelegene Ursache der Verbreiterung annähme, doch fällt eine solche Vermuthung von selbst in sich zusammen, wenn man die zweite beobachtete Thatsache, nämlich die Verdichtung, nicht ausser Acht lässt. Denn wie sollte eine Substanz, die an Breite zunimmt, sich ausdehnt, auch dichter werden können? Es ist dies eine physikalische Unmöglichkeit. Es muss daher unter allen Umständen ein Zuwachs doppelbrechender Substanz von aussen angenommen werden, wodurch allein dieses Phänomen seine Erklärung findet. Da nun aber im Muskelelement in der Ruhe keine doppelbrechende Substanz weiter vorhanden ist, als die um die Mittelscheibe gelagerte, von mir sogenannte »contractile Substanz«, so bleibt keine andre Annahme übrig, als die, dass jener breite, säurebeständige Streifen durch Zuzug von dieser Seite her gebildet wird. Seine Eigenschaft der Unempfindlichkeit gegen Säuren ist noch kein Beweis für eine von der contractilen Substanz des ruhenden Muskels abweichende chemische Zusammensetzung, sondern lässt in erster Linie nur rein physikalisch auf die Dichtigkeit schliessen, die eine grössere sein muss, als es in der ruhenden Faser der Fall ist.

Was sich über den Aggregatzustand des Inhalts der Muskel-

elemente nach den ausführlichen Erörterungen meines ersten Aufsatzes und den vorstehenden Ergebnissen sagen lässt, kann man in kurzen Worten ausdrücken.

In der Ruhe scheidet sich dieser Inhalt in zwei scharf getrennte Theile, einen festen, die contractile Substanz und einen weniger festen (um den Ausdruck »flüssig« zu vermeiden), die einfachbrechende Zwischensubstanz. Während des Contractionsvorganges entsteht eine innige Mischung dieser beiden Substanzen und keine eigentliche Lösung, was dadurch bewiesen ist, dass die Polarisationserscheinungen und die Farbstoffreaction nun über das ganze Element hin ausgedehnt erscheinen, jedoch in geringerer Intensität, wie früher. Man kann sich etwa vorstellen, dass die doppelbrechende Masse aus kleinsten aneinanderliegenden Molecülen (Disdiaklasten?) besteht, die sich dann durch die Flüssigkeit zerstreuen. Fest und weniger fest oder flüssig bleibt also unter allen Umständen nebeneinander bestehen. Es trifft diese Anschauung, die zum Theil schon in meiner ersten Abhandlung ausgesprochen ist, mit der Engelmann's zusammen, wenn er (l. c.) sagt: »Die isotrope Substanz wird undurchsichtiger und fester, die anisotrope durchscheinender und weicher.«

Ob nun aber ausser diesen rein mechanischen Mischungserscheinungen auch noch chemische Vorgänge stattfinden, wie man ja nach den physiologischen Beobachtungen am unversehrten Muskel glauben sollte, lässt sich durch die bisherigen histologischen Beobachtungen nicht einmal vermuthen, und wenn Engelmann seinen Betrachtungen die Vermuthung anschliesst, dass man zum völligen Verständniss der beobachteten Thatsachen »noch weiter annehmen muss, dass in der isotropen Substanz während der Contraction ein fester Körper ausgeschieden wird (Myosin?) der sich im Stadium der Verlängerung wieder auflöst«, so ist dies eben nur eine reine Vermuthung, die durch die Beobachtung keine Stütze findet, besonders da es Engelmann entgangen ist, dass auch die früher isotrope Substanz nun doppelbrechend, wenn auch natürlich in geringerem Grade, geworden ist.

Die Gesammtresultate, die sich aus meinen Untersuchungen ergeben, sind kurz zusammengefasst folgende:

1) Zum Studium der Polarisationserscheinungen des Muskels eignen sich keine unversehrten Primitivbündel, sondern nur feine, abgespaltene Stücke von solchen.

2) Die doppelbrechende, contractile Substanz ist während des Contractionsvorganges durch das ganze Muskelelement vertheilt, jedoch in verchiedener Dichtigkeit, woher es auch kommt, dass sämmtliche Theile unter gekreuzten Nicols aufleuchten, jedoch in verschiedener Intensität, ein Factum, welches bis jetzt noch nicht die verdiente Beachtung gefunden hat.

3) Die in meiner ersten Abhandlung ausgesprochenen Sätze finden sich durch die vorliegende Arbeit bestätigt.

4) Die Polarisation des Muskels lässt sich durch Blauholzextractfärbung ersetzen.

5) Die grössere Dichtigkeit des contrahirten, an der Endscheibe befindlichen Querstreifens, gegenüber dem an der Mittelscheibe liegenden ruhenden wird durch Betrachtung des mit Essigsäure behandelten Muskels in polarisirtem Licht bestätigt.

Rostock 3. November 1872.

Erklärung der Figuren auf Taf. XV.

Fig. 1 a. Muskelfaser (Musca vomitoria). Verschiedene Contractionszustände. I. Erstes Stadium zunächst der Ruhe. II. Homogenes Zwischenstadium. III. Drittes Stadium mit dunkel markirter Endscheibe, um welche die Anhäufung contractiler Substanz beginnt.

b. Dieselbe Faser, bei etwas veränderter Einstellung, wodurch alle hellen Stellen dunkel werden und umgekehrt.

Fig. 2. Astacus fluviatilis, Alcohol, Blauholzextract. IV. Stadium. Die contractile Substanz ist durch das ganze Element vertheilt, an der Endscheibe aber schon dicht angehäuft, an der Mittelscheibe noch in einem dunklen Rest zurückgeblieben.

Fig. 3. Astacus fluv. Alcohol, Blauholzextract. Die contractile Substanz ist fast vollständig an die Endscheibe übergetreten.

Fig. 4. Musca vomit. Alcohol, Blauholzextract. Eine ruhende Faser, die einen ganz partiellen Contractionsheerd (c) zeigt, der contrahirte Querstreifen liegt an gleicher Stelle, wie die Endscheibe (e) des ruhenden Theiles.

Fig. 5. Astacus fluv. Canadabalsam. Vier nebeneinander liegende ruhende Fibrillen in polarisirtem Licht.

Fig. 6. Astacus fluv. Canadabalsam. Polarisirtes Licht. Eine Fibrille im

vierten Contractionsstadium. Die ganze Fibrille ist leuchtend, wenn auch in verschiedener Intensität (vergl. Fig. 2).

Fig. 7. Musca vomit. Faser in polarisirtem Licht. I. Contractionsstadium, ähnlich der Fig. 5.

Fig. 8. Astacus fluv. Contrahirte Faser in polarisirtem Licht. Die hellen contrahirten Querstreifen, die an der einen Seite deutlich zu sehen sind, wandeln sich nach der andern Seite hin scheinbar in dunkle Linien um.

Fig. 9. Vespa vulgar. Schwach in Alcohol gehärtete Faser mit Essigsäure behandelt. Polarisirtes Licht. Der obere dünne Theil ruhend, der untere dickere contrahirt. In letzterem sind die leuchtenden Stellen heller und schärfer begrenzt, als in ersterem.

Studien in der Anatomie des Nervensystemes[1]).

Von

Prof. Axel Key und **Dr. Gustaf Retzius**

in Stockholm.

Hierzu Tafel XVI, XVII und XVIII.

Die Untersuchungen über die bekleidenden Gewebe und die serösen Räume des Nervensystems etc., mit welchen wir seit mehreren Jahren beschäftigt waren, sind so umfassend geworden, dass wir unsere ausführliche Arbeit darüber bis jetzt noch nicht veröffentlichen konnten, besonders weil die dazu gehörigen zahlreichen Abbildungen eine ansehnliche Zeit genommen haben. Bevor diese grössere, bald zu erscheinende Arbeit, herausgegeben wird, schien es uns angemessen hier in Kürze uns mit einer kleinen Auswahl von erläuternden Abbildungen über diejenigen Theile unseres Gegenstandes, welche wir in unseren vorigen Aufsätzen[2]) nicht behandelt haben, zu berichten. In diesen Aufsätzen schilderten wir in

1) Aus dem Nord. med. Archiv. Band IV, No. 21 und 25.

2) Bidrag till kännedomen om hjärn- och ryggmärgshinnorna, med särskildt afseende på de serösa rummen och lymfbanorna jämte deras förbindelser. Nord. med. Arch. Band II, Nr 6, IV, 1870.

Ytterligare några förutskickade meddelanden om de serösa rummen och lymfbanorna i nervsystemet. Nord. med. Arch. Band II, Nr. 13, III. 1870.

Om hygnaden af hjärnans mjuka hinna och araknoidealfransarna eller de s. k. pacchionska granulationerna. Nord. med. Arch. Band II, Nr. 26, II, 1870.

S. auch das Referat dieser Abhandlungen in Hirsch-Virchow's Jahresbericht f. 1870.

kurzen Zügen vorzugsweise die Häute und serösen Räume des Gehirnes und der Sinnesorgane, den Uebergang der Flüssigkeiten in das Blutgefässsystem durch die Pacchionischen Granulationen, den Bau und die, wie es scheint grosse, physiologische Bedeutung derselben, woneben wir in aller Kürze den Uebergang der Flüssigkeiten von den serösen Räumen des centralen Nervensystems zu den peripherischen Nerven und in dieselben hinein besprachen. Wir werden jetzt eine Beschreibung von den Häuten und serösen Räumen des Rückenmarks und des peripherischen Nervensystems im Zusammenhang geben, womit wir einige Fragen berühren werden, welche dazu in näherem Verhältniss stehen, wie z. B. den Bau der Nervenfasern selbst, die Pacinischen Körper etc. Eine Frage, mit welcher wir während dieser Untersuchung immer in Berührung kamen, und deren Erforschung wir anhaltende Studien gewidmet haben, ist die vom Bau des Bindegewebes selbst. Da diese Frage so zu sagen auf der Tagesordnung in der Histologie steht, und da ihre sichere Lösung mit Recht als eine der wichtigsten Aufgaben dieser Wissenschaft zu betrachten ist, mögen die Beiträge hierzu, welche wir, besonders aus der Anatomie des Nervensystems, liefern können, ein allgemeineres Interesse haben. Es kann indessen während solcher anhaltenden und umfassenden Arbeiten nicht vermieden werden, dass ein oder anderes Detail des weitläufigen Gegenstandes während der Zeit von anderen Verfassern berührt wird, eine oder andere Entdeckung geschieht und veröffentlicht wird; wir werden in solchen Fällen in wenig nützliche und der Wissenschaft nicht rühmliche Prioritätsstreitigkeiten nicht eingehen. Da wir indessen gewöhnlich von anderen Gesichtspunkten mit Anwendung anderer Untersuchungsmethoden ausgingen, sind wir auch in solchen Fragen nicht selten zu etwas abweichenden Resultaten gelangt. Es mag auch bemerkt werden, dass eine umfassende und ausführliche Durcharbeitung eines Gegenstandes dabei gewöhnlich zu einer selbstständigeren und reiferen Auffassung und zu sicherern Resultaten als Bearbeitungen von nur einzelnen Detailfragen führt. Von Abbildungen konnten wir hier nur eine im Verhältniss zu den bedürftigen geringe Anzahl beifügen. Wir mussten uns hier in aller Weise einschränken und geben nur einen Theil von dem wieder, was wir selbst wahrgenommen haben und können nur im Vorbeigehen uns auf die bezügliche Literatur einlassen. In unserer grösseren Arbeit suchen wir in dieser Hinsicht nichts zu versäumen. Wir

wenden uns in unserer Darstellung erst zu den makroskopischen Verhältnissen der Häute des Rückenmarks.

Die Beschreibungen über die Arachnoidea spinalis, welche man bei den Verfassern findet, sind, auch Betreffs der gröberen Verhältnisse, wenig befriedigend; und diese Haut ist, sowie die des Gehirnes, nicht der Gegenstand einer solchen Aufmerksamkeit von der Seite der Anatomen und Histologen gewesen, wie sie unzweifelhaft verdient. Von den makroskopischen Verhältnissen findet man gewöhnlich angegeben, dass die Arachnoidea spinalis dicht an der Dura, ungefähr wie die Pleura pulmonalis an der Pleura costalis liegt, die Dura immer in ihrem Verlauf begleitend, und mit ihr nur im Halstheil durch höher oben ziemlich starke, weiter unten feinere Stränge vereinigt. Dass die Arachnoidea an der Innenseite der Dura einen Ueberzug mittelst eines parietalen Blattes wie die serösen Häute an den resp. Wänden ihrer Höhlenbilder, ist in letzterer Zeit ziemlich allgemein verlassen worden, obwohl Luschka ein solches Blatt gefunden zu haben glaubte. Wir werden weiter unten diese Frage besprechen.

Die innere Fläche der Arachnoidea wird als glatt und eben, ohne Epithel geschildert; zwischen ihr und der Pia Mater findet sich, nach den Verfassern, ein einziger grosser längs dem ganzen Rückgrat gehender Subarachnoidalraum, welcher die Arachnoidea vom Rückenmark und der Cauda equina trennt. Ferner wird angegeben, dass von der Innenseite der Arachnoidea zahlreiche Stränge zur Pia und den Nervenwurzeln ausgehen, welche Stränge nicht nur in Zusammenhang mit den Gefässen und Nerven, sondern vorzugsweise an der hinteren Mittellinie in einer Reihe geordnet und hier und da, besonders am Halse, eine vollständige Scheidewand bildend, vorhanden sind. (Vergl. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre 5. Aufl. S. 308.) Andere Verfasser erwähnen nur dieses hintere Septum, welches im Halstheil undurchbrochen, weiter unten durchbrochen sei, ja sogar zu einer einfachen Reihe von Fasern reducirt anzutreffen wäre. Die Verhältnisse sind doch bei weitem nicht so einfach, als sie aus jenen Schilderungen der Verfasser zu sein scheinen. Hier können wir indessen von ihnen nur eine ganz kurze und gedrängte Darstellung in allgemeinen Zügen geben, welche übrigens ohne erläuternde Bilder, vielleicht etwas schwerbegreiflich wird[1]).

1) Es mag hier bemerkt werden, dass wir in der vorstehenden Schilde-

Was zuerst die Verbindung zwischen Arachnoidea und Dura betrifft, so findet man an der hinteren Hälfte des Halstheils zahlreiche Balken zwischen den beiden Häuten hinüberlaufend, und dies nicht nur in der Mittellinie, sondern auch über die ganze übrige hintere Fläche. Sie sitzen am zahlreichsten in der Mitte, etwas weniger zahlreich in der Umgebung und werden reichlicher in den Seitentheilen, zwischen den austretenden Nervenwurzeln. Sie sind ganz kurz und können also nur ein äusserst unbedeutendes Entfernen der Arachnoidea von der Dura, z. B. durch eine Flüssigkeit im Subduralraum, gestatten. Sie sind weit reichlicher im oberen Halstheil als im unteren, wo sie auch etwas länger werden. Unterhalb des Halstheiles nehmen sie mehr und mehr in Anzahl ab, kommen aber zerstreut am oberen Drittel oder sogar an der oberen Hälfte des Rückenmarks, sowohl an der hinteren Fläche, als besonders an den Seiten zwischen den Nervenwurzeln und den Zacken des Ligamentum denticulatum vor, und sie sind hier von grösserer Länge als im Halstheil. Nach unten davon werden sie oft plötzlich sehr sparsam, und kommen eigentlich nur in sehr geringer Anzahl an den Seitentheilen zwischen den Nervenwurzeln vor. An der vorderen Seite sind sie auch im Halstheil sparsam, sind aber hier zerstreut über die ganze Fläche vorhanden; am zahlreichsten sitzen sie auch hier an den Seitentheilen zwischen den Nervenwurzeln. Unterhalb des Halstheiles werden sie an der Vorderseite äusserst sparsam. An allen Orten, wo sie vorkommen, sieht man sie oft in kleinen Gruppen sitzen, und sehr oft divergiren sie zu zweien von einer Stelle aus; die Arachnoidea ist hier an Fasern, welche von der Dura entspringen und wieder nach Bildung eines kurzen Bogens in dieselbe Haut einlaufen, wie aufgehängt, und es scheint als ob dieser bogenförmige Faden durch die Arachnoidea gezogen wäre. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass es sich so gewissermassen verhält, aber die Arachnoidea ist nicht von diesen Bogenfäden durchbohrt, sondern bildet um dieselbe Scheiden, welche trichterförmig zur Innenseite der Dura verlaufen,

---

rung dieselben Namen anwenden, welche wir früher für die serösen Räume des Gehirnes vorgeschlagen und gebraucht haben, und dass wir also den Raum zwischen der Dura und der Arachnoidea, den Subduralraum und die Räume unter der Arachnoidea die Subarachnoidalräume nennen, und dass wir die Benennung Arachnoidalraum ganz und gar vermeiden.

wovon mehr unten. Durch die Anordnung der Balken, am reichlichsten im Halstheil und am stärksten und strammsten in dessen oberen Theil, ist es deutlich, dass die Arachnoidea hier immer dicht an der Dura gehalten wird; sie kann nicht in einem wesentlichen Grade einer möglicher Weise im Subduralraum befindlichen Flüssigkeit entweichen; ihr an diesem Theil sehr weites Lumen wird aber unter allen Verhältnissen offen gehalten, welches von Wichtigkeit sein mag, wenn man bedenkt, wie eine beständige Ebbe und Fluth hier in der zwischen den Subarachnoidalräumen des Gehirnes und Rückenmarks immer fluctuirenden Flüssigkeit vor sich geht. Der obere Halstheil der Arachnoidea ist der erweiterte Trichter, welcher von jenen zu diesen leitet.

Gehen wir nun in unserer Schilderung zu den Subarachnoidalräumen des Rückenmarks über, so begegnen uns recht grosse Schwierigkeiten, dieselben anschaulich zu machen, ohne eine grössere Anzahl von Figuren als die einzige, für welche wir hier Platz fanden und ohne eine grössere Weitläufigkeit, als der beschränkte Raum erlaubt. Wenden wir uns zuerst der Vorderseite als der einfachsten zu, so finden wir hier einen längs dem ganzen Rückenmarke verlaufenden, zusammenhängenden ungetheilten Raum, welchen man als den vorderen spinalen subarachnoidalen Raum oder Spatium bezeichnen kann, und der sich an den Seiten bis zu dem Ligamentum denticulatum erstreckt, welches an jeder Seite wie ein Diaphragma bildet, den subarachnoidalen Umfang des Rückenmarks in eine vordere und hintere Hälfte theilend. Die vordere Hälfte oder wie wir sie oben zu benennen vorgeschlagen haben, das vordere spinale Subarachnoidalspatium, ist wie genannt, nicht von Scheidewänden in kleinere Abtheilungen getrennt, nur hier und da von Balken zwischen Arachnoidea und Pia durchzogen. Diese Balken stehen vorzugsweise in der Mittellinie.

Das vordere Subarachnoidalspatium ist von den vorderen Nervenwurzeln der verschiedenen Nerven durchzogen. Zwischen den einzelnen Bündeln jeder Nervenwurzel laufen Balken und feine, cribrirte Häute. Feine Balken gehen auch von ihnen hier und da zum Ligamentum denticulatum oder zur Arachnoidea aus. Während ihres Verlaufes nach aussen, hinten und unten ruhen diese Nervenwurzeln zum Theil auf dem Ligamentum denticulatum, und sie werden auch in längerer oder kürzerer Entfernung von ihrem Austritt oft durch feine Subarachnoidalhäute oder nur durch Balken

an diesem befestigt oder an der Innenseite der Arachnoidea aufgehängt.

Bevor wir die Subarachnoidalräume des hinteren Spatium schildern, mögen wir das Ligamentum denticulatum mit einigen Worten besprechen, zu dessen mikroskopischer Beschreibung wir dann weiter unten zurückkommen.

Das Ligamentum denticulatum verläuft, wie bekannt, als eine dünne Haut oder ein Band beiderseits längs dem Rückenmark zwischen den vorderen und hinteren Wurzeln vom Foramen magnum bis zur Nähe des Filum terminale. Es hängt überall mit der Pia zusammen und hat einen äusseren, grösstentheils freien Rand, von welchem, ungefähr mitten zwischen jedem oberen und unteren Paar von Nervenwurzeln, kürzere oder längere, mehr oder weniger starke Zacken entspringen, welche die Arachnoidea scheinbar durchdringen, um auswärts von ihr sich an der Innenfläche der Dura zu befestigen. Bei Untersuchung mit Loupe oder Mikroskop findet man indessen, dass sie keineswegs die Arachnoidea durchbohren, sondern dass diese Haut mit ihnen trichter- oder scheidenförmige Umhüllungen mitsendet, welche sie zur Innenfläche der Dura begleiten. (Ueber ihr Verhalten dort s. unten.) Wenn man das fragliche Ligament unter wo möglichst normalen Verhältnissen, d. h. ohne das Rückenmark herauszunehmen, untersucht, so findet man, dass es in der Regel so ausgespannt ist, dass sein freier Rand zwischen den Zacken ziemlich dicht an der Innenseite der Arachnoidea sich anschliesst, ja zwischen dem 6., 7., 8. und 9. Dorsalnerven ist der sonst freie Rand fast regelmässig in grösserer oder kleinerer Strecke von den Befestigungszacken an der Arachnoidea verwachsen, welches mit der kleineren Beweglichkeit dieses Theiles in Zusammenhang steht. Feine Häutchen oder Balken laufen ausserdem oft auch an anderen Stellen vom freien Rande zur Innenseite der Arachnoidea über. Wenn man das Rückenmark herausnimmt, wobei die Spannung natürlicherweise vermindert wird, sinkt die Ligamenthaut mehr oder weniger festonartig zwischen den Zacken zusammen, und wenn man diese Zacken durchschneidet, sinkt sie plötzlich nach dem Rückenmark zusammen nieder. Das Ligament ist übrigens bei verschiedenen Individuen betreffs seiner Dichtigkeit sehr verschieden entwickelt. Bei Einigen ist es dicker, fester, bei Anderen viel dünner; gewöhnlich zeigt es sich schon bei makroskopischer Untersuchung an einer oder anderen Stelle von grösseren

oder kleineren Löchern durchbrochen, cribrirt, besonders in der Halsregion; an einigen Rückenmarken findet man es aber stark cribrirt in seiner ganzen Länge. Längs dem freien Rande geht eine Verdickung, also ein runder oder platter Randfaden, welcher theilweise in die Befestigungszacken ausläuft. Was diese letzteren betrifft, so sitzen sie, wie genannt, gewöhnlich ziemlich mitten zwischen den Nervenwurzeln und laufen mehr oder weniger gerade nach aussen, aber sie zeigen das Eigenthümliche, dass sie im unteren Theil des Halses und im obersten Theil des Rückens gewöhnlich sehr lang sind und einen recurrenten Verlauf haben. Oft gehen sie am ersten oder zweiten Rückennerven, unterhalb einer Nervenwurzel ab, um dann nach oben, dieser vorbei, zurückzulaufen, und befestigen sich in gewöhnlicher Entfernung oberhalb derselben. Im unteren Halstheil werden sie sogar bisweilen zwischen einzelnen Nerven vermisst. Diese Anordnung ist von Interesse für die Beurtheilung der Function dieses Ligaments. Seine Bedeutung als Diaphragma zwischen den vorderen und hinteren Subarachnoidalspatien mag nicht gross sein. Man darf dagegen keineswegs vergessen, dass es durch seine ganze Anordnung beitragen muss, die Arachnoidea nach den Seiten ausgespannt zu halten, und dass es auf demselben Mal, wie bekannt, ein Aufhängungs- und Befestigungsapparat des Rückenmarks in diesen umhüllenden Geweben bildet. Es ist von Interesse zu sehen, dass die beschriebene Modification desselben im beweglichsten Theil der Columna einem Gleiten des Rückenmarks nach oben innerhalb der Häute, wie es wohl bei starker Biegung nach vorn vorkommen mag, sehr günstig ist. Dagegen hindert der Aufhängungsapparat hier jede Senkung des Rückenmarks nach unten. Die untersten Zacken des Bandes sind auch länger und erlauben sowohl ein Gleiten des Rückenmarks, als eine grössere Entfernung der Befestigungspunkte vom Marke, d. h. es erlaubt hier eine grössere Ausspannung der Häute als anderswo. Ueber diese Ausspannungsfähigkeit in verschiedenen Theilen des Rückgrats werden wir in unserer grösseren Arbeit Messungen mittheilen. (Wir geben in dieser Abhandlung im Allgemeinen keine Messungen.)

Wir finden, was auf diesem Ligament beruht, eine grosse Ausspannungsfähigkeit in der obersten Halsregion, dann eine Verengung im unteren Halstheil, dann wieder eine Erweiterung im untersten Theil desselben und im obersten Rückentheil, dann eine

Verengung, bis endlich eine Erweiterung in der Lumbalregion eintrifft.

Die Beschreibung des feineren Baues des Ligamentum denticulatum müssen wir bis etwas weiter unten aufschieben, da wir, um sie anschaulich zu machen, eine Stütze in der Kenntniss vom sonstigen Bau der Häute finden können.

Wenn wir jetzt zur Beschreibung der gröberen Anordnung der Arachnoidea und des Subarachnoidalgewebes im hintern Halstheil, d. h. hinter dem Ligamentum denticulatum übergehen, so finden wir hier mehr verwickelte Verhältnisse. Im oberen Halstheil ist das ganze Subarachnoidalspatium hinter dem Ligamentum denticulatum nicht in kleinere Räume durch Subarachnoidallamellen abgetheilt, aber zahlreiche Balken laufen von der Innenseite der Arachnoidea zur Pia hinein. Diese Balken stehen am dichtesten im mittelsten Theil (an der Hinterseite) gesammelt und erhalten bisweilen hier und da kleinere membranöse Ausbreitungen. An der Pia breiten sich diese Balken zu einer dünnen cribrirten oder balkigen Lage, welche zwar innig mit der Pia vereinigt ist, theilweise aber bei der Streckung etwas erhoben werden kann; mit diesem Stratum folgen die hier befindlichen Blutgefässe. Im unteren Halstheil wird die membranöse Ausbreitung der in der Mitte stehenden, den Subarachnoidalraum durchziehenden Balken reichlicher, und allmählich entsteht hier eine anfangs sehr durchbrochene, dann mehr und mehr zusammenhängende, aber doch oft etwas cribrirte Scheidewand, das sog. Septum posticum. Wenn man dieses Septum anspannt, sieht man dicht am Rückenmark von beiden Seiten des Septum ein dünnes Häutchen von der Pia bis zu den Nervenwurzeln sich erheben. Um dieses Verhältniss zu veranschaulichen, verweisen wir auf die Fig. 20, welche zwar zwischen dem letzten Hals- und dem ersten Rückennerven ist, dessen Wurzeln seitlich durchgeschnitten sind, die aber doch ihre Anwendbarkeit auf das geschilderte Verhalten im Halstheil hat. Wir sehen aus dieser Figur, dass das Septum welches makroskopisch einfach schien, in der That in dem abgebildeten Fall hier aus Lamellen zusammengesetzt ist, welche zwischen sich Zwischenräume, kleine, also im Septum selbst befindliche Subarachnoidalräume haben. Ferner sehen wir dass die Lamellen oder Häutchen an ihrem Ansatz an der Arachnoidea sich ausbreiten und theils hier in einem triangulären Spatium mehrere Räumchen einschliessen, theils an den Seiten sich

fortsetzen, die Innenfläche der hier in längeren oder kürzeren Strecken mehrschichtigen Arachnoidea selbst überziehend. Diese Lamellen sind doch nicht ganze, zusammenhängende Membranen, sondern zum grossen, oft zum grössten Theil dichte, platte Maschenwerke von solchen Balken, wie wir an den Figuren e abgebildet haben, und deren feineren Bau wir weiter unten beschreiben. Wenn wir an der Fig. 20 dem Septum nach dem Rückenmark zu folgen, so finden wir, dass es bei **b** sich an den Seiten in das Häutchen, welches wir bei Spannung sich von der Piafläche erheben sahen, ausbreitet, und welches Häutchen beiderseits bis an die Nervenwurzeln **c** sich fortsetzt, in deren Umhüllung es übergeht. Unter diesem Häutchen finden wir mehrere kleine Subarachnoidalräume, welche also dicht an der Pia liegen, und in diesen Subarachnoidalräumen finden sich die grösseren Blutgefässe in subarachnoidalen Häutchen und Balkennetzen aufgehängt. Diese Gefässe laufen also nicht in der eigentlichen Pia, sondern in kleinen Subarachnoidalräumen, dicht unterhalb derselben. Die vom Septum über diese Räume zwischen den hinteren Nervenwurzeln sich ausbreitende Membran scheint makroskopisch im Allgemeinen undurchbrochen zu sein; hier aber unter dem Mikroskop zeigt sie sich cribrirt, entweder nur theilweise aus einem dichten netzförmigen Balkenwerke wie in Fig. 2, 3 bestehend, oder auch mehr oder weniger dicht von runden oder ovalen Löchern wie in Fig. 7, 8 durchbrochen. Um die Pia herum geht sonst über dem ganzen Rückenmark, auch an der Vorderseite, wie oben erwähnt ist, eine deutliche Schicht eines die Gefässe umspinnenden und sie auch hier an der Pia befestigenden Balkenwerkes, sie hat aber hier nicht dieselbe Ausbildung mit deutlichen Räumen und ist inniger mit der Pia selbst, in welche die Balken allerwärts übergehen, vereinigt.

Wenn wir jetzt das subarachnoidale Gewebe nach unten am Rückentheil des Markes in der hinteren Hälfte verfolgen, so finden wir, dass das Septum posticum in der Regel mit mehr oder weniger Modification bis an den Lumbaltheil sich fortsetzte. Es geht doch nicht genau in der Mitte, sondern macht oft Abweichungen nach der einen oder anderen Seite. Im oberen Rückentheil ist es mehr einfach, wird aber weiter unten mehr zusammengesetzt, ja an mehreren Stellen findet man an Querschnitten den ganzen Zwischenraum zwischen den hinteren Nervenwurzeln in mehrere oder

wenigere, unregelmässige, unvollständig von einander getrennte kleine Räume getheilt.

Hierzu kommen jetzt einige Häutchenbildungen mehr constanter Natur. Von den hinteren Nervenwurzeln gehen schon am Halstheile zahlreiche Balken zur Innenfläche der Arachnoidea, zum Ligamentum denticulatum und N. accessorius Willisii aus, aber in der Regel finden sich dort zwischen den verschiedenen Nervenwurzeln keine zusammenhängende Membranen. Am Rückentheil aber ändert sich gewöhnlich dieses Verhältniss, so dass schon an der ersten Dorsalnervenwurzel eine cribrirte Haut von der Seite des Septum posticum der Nervenwurzel entlang und von ihrer hinteren Fläche läuft, der Wurzel bis zum Austritt der Nerven folgend, und also eine schief in der Quere, der Nervenwurzel entlang, stehende Wand im hinteren Subarachnoidalspatium bildend; dies wiederholt sich jetzt an allen Rückenmarksnerven mehr oder weniger vollständig, und dadurch entstehen reihenweise nach einander grössere, schief nach aussen und unten verlaufende Räume zwischen den Nervenwurzeln. Die Begrenzung dieser Räume nach der Mitte zu, wird vom Septum posticum oder einem seiner Lamellen, nach aussen von der Arachnoidea, nach oben und unten durch die von den Nervenwurzeln zur Arachnoidea verlaufenden Membranen und nach vorn durch das Ligamentum denticulatum gebildet. Diese Räume treten schon hervor, wenn man die Arachnoidea vorn der Länge nach öffnet, die vorderen Nervenwurzeln und die Befestigungszacken des Ligamentum denticulatum abschneidet und das Rückenmark von der Seite betrachtet. Fig. 19 giebt ein solches Präparat wieder, und man sieht die fraglichen Räume wie Blindsäcke zwischen den Nerven. Weiter unten am Rückenmark, oft schon am dritten und vierten Rückennerven, beginnen diese Räume noch mehr abgesondert zu werden, dadurch dass vom unteren Rand jeder Nervenwurzel eine kleine Membran wie eine Schwimmhaut sich zur Seite des Rückenmarks ausspannt. Diese Membran nimmt an den folgenden Nerven mehr und mehr zu, läuft zum oberen Rand des nächst unten davon liegenden Nerven hin über (Fig. 19 **d**), und bildet in der Weise ein zwischen den Nervenwurzeln ausgespanntes Diaphragma in den schiefen Seitenräumen, die hierdurch von dem Theil des hinteren Subarachnoidalspatium abgetrennt werden, welcher vor den hinteren Nervenwurzeln zwischen ihnen und dem Ligamentum denticulatum liegt. Die letztgenannten Membranen

sind gewöhnlich am vollständigsten ungefähr in der Mitte des Rückentheils und nach unten davon.

Am Lumbaltheil setzt sich das Septum posticum, wenn wir fortwährend unter diesem Namen die hinteren mittleren Subarachnoidalhäutchen und Balken zusammenfassen, gewöhnlich sehr reichlich entwickelt und mit einer Menge grösserer und kleinerer Subarachnoidalräume fort, zuweilen sich in ein dichtes Balkenwerk auflösend, welches einen grossen Theil, ja sogar fast den ganzen Raum hinter dem Marke zwischen den Nervenwurzeln einnimmt. Bisweilen ist es mehr einfach und an seiner Seite stehen verhältnissmässig sparsame Balken, oft hört es als ein Septum einige Centimeter nach oben vom Filum terminale auf, aber man kann es auch sich bis auf diesen Theil fortsetzen sehen. Was die schiefen Quermembranen betrifft, welche im Rückentheil seitlich an den hinteren Wurzeln ausliefen, so hören sie gewöhnlich mit dem letzten Dorsalnerven auf. An den Lumbalnerven gehen zwar Anfangs zwischen ihnen und der Arachnoidea oft unterbrochene unvollständige Häutchen von Innen und schief nach Aussen, aber bald findet man in der Regel hier nur Balken in mehr oder weniger reichlicher Menge. Da ausserdem am Seitentheil das Ligamentum denticulatum seine letzte Befestigung nach unten vom letzten Rückennerven hat, und dann mehr oder weniger schnell zu einer allmählig verschwindenden Firste an der Pia sich verschmälert, so ist es deutlich, dass wir vom Anfang des Lumbaltheils an mit Ausnahme der kleinen Räume im Septum posticum eigentlich nur einen einzigen, grossen Subarachnoidalraum haben, welcher von Balken und unterbrochenen unvollständigen Häutchen durchzogen ist.

Die geschilderten Verhältnisse wechseln zwar mehr oder weniger, aber wir glauben nach zahlreichen Beobachtungen das Angeführte als die gewöhnliche Anordnung wiedergebend hervorheben zu können. Wir finden also, dass es im hinteren Theil zwischen den Nervenwurzeln und dem Rückenmark einerseits und der Innenseite der Arachnoidea andererseits vom unteren Anfang des Rückenmarkes selbst nach oben bis an den oberen Theil des Halses zahlreiche Zwischenwände der einen oder der anderen Beschaffenheit geben, und dass also viele Hindernisse hier für die freie Strömung der Cerebrospinalflüssigkeit vorhanden sind. Dagegen ist der Weg so gut als frei zwischen der vorderen Fläche der hinteren Wurzeln und des Ligamentum denticulatum, so wie auch nach vorn von

diesem Ligament über die ganze vordere Fläche des Rückenmarks. Im oberen Halstheil ist er fast frei auch an der hinteren Seite, und das subarachnoidale Spatium nimmt hier mehr und mehr nach oben zu.

Nachdem wir also in allgemeinen Zügen eine Schilderung der Anordnung der Arachnoidea und des Subarachnoidalgewebes geliefert haben, wollen wir jetzt den nicht nur für sich, sondern für die ganze Bindegewebsfrage so sehr interessanten feineren Bau dieses Gewebes betrachten. Obwohl man oft, wie die Geschichte der Bindegewebsfrage hinreichend zeigt, den Bau der Subarachnoidalbalken zum Gegenstand für Studien gemacht hat, besonders um von ihnen Schlüsse über den Bau der Bindegewebsbalken im Allgemeinen ziehen zu können, so ist doch ihr wirklicher Bau nicht erörtert worden, nicht einmal bei den Untersuchungen, welche ganz neulich in dieser Hinsicht ihnen gewidmet worden sind. Der Arachnoidea selbst aber ist unseres Wissens in letzterer Zeit keine durchgreifende histologische Untersuchung mit Benutzung der jetzigen Hülfsmittel gewidmet worden, und der wirkliche Bau dieser Haut ist deswegen nicht in's Reine gebracht. Wir können hier nicht in alle feineren Details eingehen, besonders nicht topographisch, sondern weisen auf unsere grössere Arbeit hin, hier nur das Wesentlichste und das allgemein Wichtigste angebend. Bei dieser Beschreibung können wir uns ganz kurz fassen; die von unseren grösseren Abbildungen abgeschnittenen kleinen Figuren mögen nämlich eine ziemlich klare Einsicht über die Verhältnisse auch bei einer gedrängten Beschreibung geben; wir weisen daher auf sie und die ihnen zugefügte Erklärung hin.

Nehmen wir zuerst die freien Subarachnoidalbalken in Betracht, so haben wir solche in Fig, 1, 4, 5 und 6 wiedergegeben. Sie sind alle von der Arachnoidea des Hundes genommen, welche frisch in Osmiumsäure eingelegt wurde und dann nach Anilinfärbung in Wasser untersucht ist. Ein jeder dieser Balken besteht, wie die Figuren zeigen, aus einem Bindegewebsbündel, das aus feinen Fibrillen zusammengesetzt ist, welche letztere isolirt erhalten werden können, wenn die Bündel zerzupft werden. Diese Bündel oder Balken sind — wie wir schon 1870 von den Arachnoidalbalken der Pacchioni'schen Granulationen beschrieben — theils gröbere, theils feinere, alle von einer vollständigen dünnen Scheide umgeben, welche das Bündel entweder dichter oder loser umgiebt. Im vorigen

Falle ist ihre Contour oft schwer zu sehen, tritt aber doch bei genauer Untersuchung mittelst des Immersionstsystemes im Allgemeinen ziemlich deutlich hervor. Oft findet man die Bündel in der Scheide gewunden (wie in Fig. 5), während die Scheide selbst gerade verläuft. Betrachten wir jetzt die Scheide näher, so finden wir, dass sie ziemlich homogen ist, aber doch in der Regel eingestreute Körner zeigt. Am meisten auffallend sind die in gewissen Entfernungen zerstreuten Kerne. Diese liegen in der Haut selbst, sich bald nach innen bald nach aussen von derselben ausbuchtend. Sie sind bei frischer Untersuchung in indifferenter Flüssigkeit oder nach Osmiumbehandlung oval, homogen, mit Kernkörpern versehen. In ihrer nächsten Umgebung findet man Körner in etwas grösserem Reichthum, aber in einer äusserst dünnen Schicht. Diese kleine Zone von Körnern um die Kerne färbt sich stärker in Anilin, als die übrige Haut, und hat in Allem ein mehr protoplasmatisches Aussehen, als die übrige Scheide. Ein Theil der Körner, sowohl hier als sonst an der Scheide, sind etwas grösser und haben einen fettkörnerähnlichen Glanz. Diese Scheide ist sehr vergänglich, wird leicht zerstört, findet sich oft zersprengt, so dass nur schwer erkenntliche Reste von ihr zurückbleiben, wenn man nicht ganz frisch conservirtes Material besitzt. Oft findet man sie auch bei der besten Conservirung theilweise gesprengt oder in Form dünner hautähnlicher Fetzen abgetrennt, welche doch sehr erläuternd für den Bau des Häutchens sein können; oft findet man die Kerne an den Balken hängend und einen Theil des Häutchens oder nur einige kleine körnige Reste an ihnen festsitzend. Sie können dann leicht für Zellen von einer ganz anderen Gestalt genommen werden als die welche sie in der That besitzen. Bisweilen findet man unter den Balken Zellen, welche lymphoiden Zellen vollständig ähneln, und welche mit den oben geschilderten Endothelzellen nichts zu thun haben. Wenn die Balken anschwellen, wie bei Behandlung mit Essigsäure, zerspringt die Scheidenmembran, ringförmige oder verschieden gestaltete Reste bleiben zurück und verursachen entsprechende Einschnürungen der zwischen den Ringen anschwellenden Balkenfasern; hierdurch entstehen die allermeisten der vielen eigenthümlichen Formveränderungen der Balken, welche so sehr die Histologen beschäftigt haben. Die beschriebene Scheide um die Balken ist eine wirkliche Zellenscheide von äusserst dünnen Zellen gebildet, welche wir Endothelzellen oder Häutchenzellen nennen

wollen. Durch Silberfärbung erhält man die schönste Endothelzellenzeichnung, mit den dunkeln Zellencontouren die Balken in längsgehenden Figuren umkreisend. Wir haben in unseren jetzt mitgetheilten Tafeln für eine solche Figur nicht Platz gefunden und haben eine solche weniger nothwendig als die mitgetheilten angesehen. Bei neugeborenen Thieren sind die Scheiden viel mehr protoplasmatisch als bei älteren. Wir wollen auf ihre Entwicklungsgeschichte hier nicht weiter eingehen, müssen aber doch bemerken, dass man überall im Umkreis der gröberen Balken mehr als eine Zelle in die Bildung der Scheide eingehen sieht, in welchem Falle alle die Zellen des Umkreises zur Fibrillenbildung des centralliegenden Balkens beigetragen zu haben scheinen. Daneben findet man feine Balken, deren Scheide wenigstens in langen Strecken von einer einzigen Zelle gebildet zu sein scheint, und doch ist die Scheide vollständig. Man findet, als ein früheres Stadium bei dieser Bildung, protoplasmatische Zellen mit langen Ausläufern, in deren Innerem feine Fibrillen differenzirt sind; die Fibrillendifferenzirung des Protoplasma scheint von diesem Stadium aus mehr und mehr gegen die Fläche der Zellen und ihrer Ausläufer fortgehen zu können; das was an der Aussenseite nicht in die Fibrillenbildung aufgeht, bleibt als Scheide zurück, gewöhnlich mit einem kleinen Rest von Protoplasma um den Kern.

Die geschilderten Balken gehen mit einander zahlreiche, verschiedenartige Verbindungen ein, von einzelnen zerstreuten, anastomosirenden Balken, bis zu vollständigen mehr oder weniger dichten Balkennetzen. Fig. 7 giebt ein solches Balkennetz oder, wenn man so will, ein durchbrochenes Häutchen von Subarachnoidalgewebe. Sowohl in dieser Figur, als noch besser in den Figuren 1 und 4, sieht man, wie an den Knotenpunkten der Balken in den Netzen theils eine Flechtung, theils ein wirklicher Fibrillenaustausch zwischen den Balken vor sich geht, und wie die Zellenscheiden derselben sich zu äusserst dünnen hautähnlichen Gebilden in den Winkeln zwischen den Balken, so wie über die Lücken zwischen ihnen sich ausbreiten; und in Fig. 3 sieht man, wie ein solches Balkennetz mit hautartigen Bildungen vorzugsweise in den Knotenpunkten, in ein vollständiges Häutchen übergeht, dadurch dass die äusserst dünnen Zellen in vollem Zusammenhang mit den Scheiden sich über sämmtliche Lücken ausspannen. Man erhält also das Häutchen aus zwei Lagen ausserordentlich dünner Zellen gebildet, zwischen welchen

Lagen Fibrillenbündel in netzförmiger Anordnung verlaufen. Mit Silberfärbung bekommt man die Zellengrenzen scharf und gut markirt; die Silberfärbung gelingt keineswegs immer, wenn sie aber gelungen ist, giebt sie ganz klare Bilder. Wir haben hier vor uns ein Verhalten, welches, wie wir in mancher Weise im Folgenden bestätigen werden, der Schlüssel für die Lösung vieler der am meisten verwickelten Punkte der Bindegewebsfrage ist; ja wir könnten sagen, wir haben hier den Prototypus der Balken- und Häutchenbildung des Bindegewebes, und diese letztere ist, wie man aus dem Folgenden sehen wird, viel allgemeiner, als man bis jetzt angenommen hat. Untersuchen wir ferner unsere Subarachnoidalhäutchen, so finden wir die reichlichsten Uebergangsformen von Balkennetzen bis zu vollständigen Häutchen. Eine Bildung, welche äusserst gewöhnlich vorkommt, ist die, welche Fig. 8 wiedergiebt, wo in grösseren oder kleineren Abständen die Maschen zwischen den Balken nicht von Zellenhäutchen überspannt sind, und daher als kleine, rundliche, wie ausgemeisselte Löcher offen stehen, deren Kanten von Balken gebildet sind; über die Ränder der Balken vereinigen sich die Häutchen von beiden Flächen, hie und da kleine Verbrämungen ausserhalb der Balken bildend. Siehe auch Fig. 2.

Nachdem wir also den allgemeinen Bau des Subarachnoidalgewebes mit seinen Häutchen und Balken kennen gelernt haben, können wir leicht den Bau des äusseren, begränzenden Häutchens selbst oder der Arachnoidea propria verstehen. Dieser Bau wird in Fig. 1 veranschaulicht. Man findet sie aus Balkennetzen gewöhnlich in mehreren Schichten gebildet, welche sich reichlich, in der Regel mit netzförmiger Anordnung der Balken, verbinden. Die Lücken werden mehr oder weniger vollständig von Häutchenzellen ausgefüllt, und die Balken strahlen zwischen ihnen aus. An den innersten Schichten ist die Verschliessung der Lücken oft unvollständig, d. h. sie sind nach Art eines durchbrochenen einfachen Häutchens gebildet, man sieht kleine Oeffnungen oder Lücken in der inneren, oberflächlichsten Schicht. Im Boden dieser Lücken findet man eine tiefere Schicht mit ihren Häutchenzellen. Die Arachnoidea ist dann an ihrer freien Fläche von einer zusammenhängenden Lage solcher Zellen überzogen, welche hier das früher bekannte Endothel bilden, an dem man auch ohne Silberfärbung leichter die Zellengrenzen sieht. In Fig. 1 sieht man, wie die Subarachnoidalbalken direct in die Arachnoidea übergehen und darin

sich ausbreiten, während ihre Scheiden in die Zellenhäutchen selbst übergehen.

Bisweilen ist die ganze Membran nur von einem Paar Balkenschichten mit ihren doppelten Zellenhäutchen gebildet. An anderen Stellen wird sie an der Innenseite bedeutend verstärkt, so besonders an der hinteren Fläche über dem Septum posticum mit seinem reichen Subarachnoidalgewebe. Nerven und Gefässe sind in den Subarachnoidalräumen aufgehängt oder an der Innenseite der Arachnoidea und der Piafläche durch solche Häutchen, wie die oben beschriebenen, angeheftet. Von den Rändern dieser durchbrochenen Häutchen sieht man dann oft Fasern, d. h. Balken, wie die in Fig. 1a wiedergegebenen, sehr lange Strecken verlaufen, ehe sie in die Arachnoidea oder die Pia selbst eingehen. Sie ähneln dann in einer auffallenden Weise wirklichen Spinnennetzen mit ihren Anheftungsfasern. In unserer grösseren Arbeit geben wir mehrere Zeichnungen hierüber. Oft sieht man in den Balken elastische Fasern in der Scheide eingeschlossen laufen. Hie und da findet man auch Nervenfasern in kürzerer oder längerer Strecke ihren Weg durch die Subarachnoidalbalken nehmen; oft sind es anastomosirende Nervenfasern zwischen den Nervenwurzeln, ein Theil von ihnen breitet sich dagegen in die Pia aus. Blutgefässe verlaufen oft in langer Strecke in solchen Balken eingeschlossen; so besonders in der Cauda equina. Das Gefäss liegt dann gewöhnlich dicht umschlossen von einem fibrillären Bindegewebshäutchen und dies ist auswendig von einem Zellenhäutchen umgeben, welches mit dem Silberreagenz eine schöne Zellenzeichnung giebt; hie und da setzen sich an diese, so zu sagen, frei im serösen Raume laufenden Blutgefässe feinere oder gröbere Bindegewebsbalken an, welche das Gefäss an den umgebenden Theilen zu befestigen geeignet sind.

Gehen wir jetzt zur Schilderung der Pia über, so müssen wir uns auch hier auf die Beschreibung ihres Grundtypus beschränken. Die Pia spinalis oder der das Rückenmark am nächsten umgebende Bindegewebsüberzug ist, wie bekannt, viel kräftiger entwickelt, als die Pia cerebralis. Wir haben schon erwähnt, dass subarachnoidale Häutchen und Balken sich an der Pia fast an jedem Ort mehr oder weniger reichlich befestigen; ebenso haben wir erwähnt, dass auch da, wo solche nicht frei in den Subarachnoidalräumen zwischen den beiden Membranen verlaufen, die Pia doch um das Rückenmark herum von subarachnoidalen Häutchen und Balkennetzen umsponnen

ist, in welchen die grösseren Gefässe angeheftet liegen, und welche mit einer Pincette auch an der Vorderseite mehr oder weniger von der Pia abgehoben werden können. Von diesen Häutchen, Balken und Balkennetzen gehen dann reichlich die Balken in die Pia hinein, und die Grenze kann oft schwer zu bestimmen sein; doch markiren sich, als die Pia selbst ausmachend, mehr oder weniger deutlich zwei Lagen, von welchen die innere bei allen von uns näher untersuchten Säugethieren sich ziemlich gleich bleibt, während die äussere sehr an Mächtigkeit wechselt. Die äussere wird von longitudinal und ziemlich parallel verlaufenden, mehr oder weniger groben, fibrillären Bindegewebsbündeln und dünnen fibrillären Häutchen gebildet. Diese Schicht ist bei gewissen Thieren, wie z. B. beim Kaninchen, äusserst dünn, ja sie kann stellenweise oft mangeln. Die innere Lage aber, welche die für die Pia wesentlichste ist und nie vermisst wird, ist eine äusserst dünne, feste Haut, welche dicht auf dem Rückenmark selbst liegt, welche aber doch von demselben leicht abgetrennt werden kann. Wir wollen diese Haut die Intima Pia nennen. Wenden wir uns zuerst zur äusseren längsgehenden Faserschicht, so finden wir sie, von allen den von uns untersuchten Thieren am stärksten entwickelt beim Menschen. Sie ist aber verschieden stark entwickelt in verschiedenen Theilen, besonders kräftig ist sie in den Seitentheilen in der Nähe des Ligamentum denticulatum, wo man die Balken in länglichen Vierecken sich kreuzend findet, während sie sonst im Allgemeinen mehr parallel oder in häutigen Ausbreitungen in einer oder mehreren Schichten verlaufen. In Holzessig oder Essigsäure schwillt diese Lage ungeheuer. Beim Hunde ist sie weniger kräftig, als beim Menschen, und wird in grösseren oder kleineren Strecken ganz und gar vermisst, aber im Verhältniss zu den anderen von uns untersuchten Thieren ist sie doch kräftig; bei der Katze ist sie weniger mächtig, beim Kaninchen äusserst dünn und mangelt an mehreren Orten in grosser Ausdehnung. Als ein Beispiel ihres Baues verweisen wir auf Fig. 9, welche vom Hunde herrührt und einen guten Typus ausmachen kann; die äussere, gegen den Subarachnoidalraum hin liegende Fläche ist nach oben gewandt. Man findet sie überzogen von einem äusserst dünnen, schwach körnigen Häutchen, mit zerstreuten Kernen, die nach Färbung mit Goldchlorid und Anilin sich von einer gefärbten, dünnen, körnigen Zone umgeben zeigen, welche letztere diffus in das umgebende Häutchen übergeht. Das

geschilderte Häutchen spannt sich über die unterliegenden Balken und über die Zwischenräume zwischen ihnen aus. Es ist hier zu bemerken, dass diese Balken in dem Präparat, von welchem die Zeichnung genommen ist, durch die Behandlungsmethode (Goldchlorid) bedeutend angeschwollen waren. In Osmiumsäure untersucht zeigen sie sich dünn und platt. Ehe wir die Balken näher besprechen, müssen wir indessen das überziehende Zellenhäutchen etwas eingehender beschreiben, in welchem wir leicht eine Bildung erkennen, die derjenigen von uns oben aus der Arachnoidea und dem Subarachnoidalgewebe geschilderten ähnlich ist. Wir haben auch zu wiederholten Malen an ihm durch Silberfärbung die schönste und vollständigste Endothelzeichnung erhalten, welche derjenigen der arachnoidalen Zellenhäutchen gleicht. Wir begegnen hier einer sehr interessanten Erscheinung, nämlich dem elastischen Fasernetz, welches in inniger Verbindung mit dem Zellenhäutchen sich deutlich, so zu sagen an der unteren Fläche des Häutchens ausbreitet. Es bekleidet augenscheinlich nicht die unterliegenden Bindegewebsbalken, sondern das Flächenhäutchen selbst, und kann mit ihm abgelöst werden. Andererseits kann das Zellenhäutchen leicht zerstört werden und das elastische Netzwerk allein zurück bleiben, entweder frei oder mit Resten des Zellenhäutchens, welche schwerlich ihren Ursprung erkennen lassen, wenn man nicht deutliche Uebergangsstellen erhält. Ueberhaupt entzieht sich das Zellenhäutchen selbst äusserst leicht der Beobachtung, und man bedarf einer scharfen Flächeneinstellung, um es zu sehen; bei den früher mehr allgemein gebräuchlichen Untersuchungsmethoden konnte es schwerlich gut erhalten werden. Bei Anschwellung der Bündel findet man es nicht immer über die Zwischenräume gespannt, wie im vorliegenden Präparat, sondern oft zwischen ihnen sich einsenkend, wodurch viele missleitende Bilder entstehen können. Wenden wir uns jetzt zu den darunter liegenden longitudinalen Bindegewebsbündeln, so sehen wir an ihnen in der mitgetheilten Figur Kerne und Zellen, welche gewissermassen den gewöhnlich abgebildeten Bindegewebskörpern ähnlich sind. Es gelingt indessen recht oft zu sehen, wie auch diese Zellen eine häutige Ausbreitung haben und Scheiden um die Bündel bilden; oft sieht man um die Kerne Protoplasma, welches sich auch verzweigt ausbreiten kann. Wir werden weiter unten dies näher besprechen, in Zusammenhang mit der Schilderung anderer fibrillärer Häutchen und Balkenbildungen.

Diese longitudinale Lage der Pia ist reich an Nerven, bezüglich deren Ausbreitung, so wie des Verhaltens der Blutgefässe wir auf unsere grössere Arbeit hinweisen.

Nach der früher gegebenen Beschreibung vom Uebergang der subarachnoidalen Balken in Häutchen mag es einem jeden leicht sein zu verstehen, wie die Subarachnoidalbalken auch in das letztgeschilderte, äussere Stratum der Pia übergeben. Der Uebergang geschieht in derselben Weise, und wir glauben uns hier nicht mit den Einzelheiten aufhalten zu dürfen. Aber in Zusammenhang mit der äusseren Pialage wollen wir den feineren Bau des Ligamentum denticulatum, welches mit dieser Lage in inniger Verbindung steht, mit einigen Worten besprechen. Oben erwähnten wir einige seiner makroskopischen Verhältnisse. Die Verfasser geben von seinem Bau gewöhnlich nur die kurze Erklärung, dass es ganz wie die Dura Mater gebaut ist; dies ist aber in so fern unrichtig, als das Ligament bei mikroskopischer Untersuchung, ja auch bei kleinen Vergrösserungen, sich nicht als eine zusammenhängende Membran zeigt, sondern durch und durch cribrirt ist und aus gröberen und feineren Bindegewebsbalken besteht, welche mit freien Zwischenräumen netzförmig miteinander sich verbinden. Sie liegen in mehreren Schichten, welche untereinander Bindegewebsbündel austauschen. Die Balken verlaufen meist schief rautenförmig, wie die Schenkel eines sogenannten Bauerfängers, und das Ligament erhält hierdurch eine grosse Dehnbarkeit. Die Balken sind von Zellenscheiden umgeben, welche hie und da sich zu Membranen in den Lücken zwischen den Bündeln ausspannen, wie im Subarachnoidalgewebe, und wir finden also auch hier die gleichen Verhältnisse für das Bindegewebe, wie wir oben geschildert haben. Einerseits gehen nun die Bündel am Rückenmark in die äussere longitudinale Pialage, sich darin ausbreitend, über, anderseits sammeln sie sich am freien Rande zu dem gröberen Randstrang, welchen wir oben geschildert haben und von welchem die von Balken gebauten Zacken auslaufen, eine räumliche trichterförmige Hülle von der Arachnoidea selbst erhaltend, und mit dieser durch den Subduralraum direct in die Bindegewebsbündel und Lamellen der Dura übergehend. Wir finden also, dass der Streit der Alten, ob das Ligamentum denticulatum zur Pia oder Dura gerechnet werden solle, berechtigt sein konnte, es ist aber nunmehr in der That ohne alles Interesse, wie man diese Sache betrachtet.

Wenden wir uns jetzt zur Pia zurück, so bleibt uns noch die hauptsächlichste oder innere Lage derselben, Intima Pia, zu schildern. Sie besteht, wie gesagt, aus einer sehr dünnen, gut begrenzten Haut von einem eigenthümlichen, aber sehr interessanten Bau, dessen nähere Erforschung uns lange und anhaltende Arbeit gekostet hat. Wir können hier nur das Allgemeinste ihres Baues wiedergeben, und gehen hier nicht auf die Abweichungen bei verschiedenen Thieren und Altern ein. Durch sorgfältige Präparation kann man diese Haut von dem eben beschriebenen, ausserhalb ihr liegenden, longitudinalen Stratum isoliren. Vom Rückenmark trennt sie sich leicht ab, ja beinahe zu leicht, weshalb es gar schwer ist feine Querschnitte von Pia und Rückenmark in beibehaltener Lage zu erhalten. Die innere am Rückenmark liegende Fläche findet man nach Abtrennung glatt und eben, nur mit zahlreichen, wie ein Wald hervorschiessenden Blutgefässen besetzt, welche vom Rückenmark herausgezogen sind und mit der Haut gefolgt haben. Sie stehen zu ihr in einem eigenthümlichen, oder vielmehr in ganz demselben Verhältniss, welches wir in unseren vorigen Mittheilungen (1870) betreffs der Pia des Gehirns geschildert haben. Wir kommen hierauf zurück, nachdem wir den Bau der Haut näher besprochen haben. Für diese verweisen wir auf Fig. 10 und 11. Die erste giebt ein Osmiumpräparat vom Hunde wieder, mit der Aussenseite der fraglichen Haut nach oben; man findet an dieser Figur zuerst wieder eine Häutchenzellenschicht von den hier oben so oft geschilderten Eigenschaften, zerstreute Kerne und um sie herum eine dünne protoplasmatische Zone, welche diffus in das schwachkörnige Häutchen übergeht. Unter und in Zusammenhang mit demselben findet sich ein elastisches Netz mit äusserst feinen und im allgemeinen vorzugsweise longitudinal verlaufenden Fasern. Bei a ist in der Figur das Zellenhäutchen selbst zerstört, man sieht nur einzelne Reste aus Kernen mit einigen herumliegenden Körnern bestehend, hier tritt aber um so deutlicher das elastische Fasernetz hervor. Bei ganz genauer Betrachtung sieht man zwischen ihnen wie einen äusserst dünnen, die Unterlage bedeckenden Anflug. Es scheint als ob die Fasern von einer ausserordentlich feinen Schicht zusammengehalten werden, welche zusammen mit den elastischen Fasern von der unteren Fläche der Zellen sich differenzirt und mehr Resistenz erhalten haben mögen, woher sie mit den erwähnten Fasern zurückbleiben kann, nachdem die Zellen sonst weggefallen sind. Wir

haben ein ganz ähnliches Verhältniss an mehreren anderen Orten gefunden: dass nämlich nach dem Wegfallen der Zellen einer Endothelzellenhaut ein äusserst dünnes, fast homogenes Häutchen, mit einem elastischen Netz zurückbleibt; so, um ein Paar Beispiele zu nennen, an der inneren Fläche der fraglichen Piahaut und an der Innenseite der Dura spinalis, sowohl bei Menschen als bei Thieren. Wir werden dies unten weiter besprechen. Unter diesem Häutchen verlaufen eigenthümliche, auch von den Verfassern beobachtete, aber ihrer Lage und ihrem Verlauf nach nicht richtig beschriebene Fasern. Sie haben einen eigenthümlichen starken Glanz, gehen in hauptsächlich circulärer Richtung, in der Regel einander in rautenförmiger Anordnung kreuzend und sind besonders steif, nie gewunden; wenn sie gebogen werden, wird die Biegung in der Regel sehr steil, als wenn man ein Schilfrohr biegt. Sie zeigen sich aus äussert feinen Fibrillen zusammengesetzt und verzweigen sich gewöhnlich mit spitzigen Winkeln; angrenzende Bündel tauschen Fibrillen aus, welche in schiefer Richtung gehen und in dieser Weise rhombische Maschen bilden; oft sieht man sie sich fächerförmig ausbreiten, sich in kleinere Bündel oder in die äusserst feinen Fibrillen auflösen, welche dann mannigfach einander kreuzen. Wie wir erwähnten, verlaufen sie zum allergrössten Theil circulär, aber eine oder andere sieht man in mehr schiefer, ja bisweilen mehr longitudinaler Richtung gehen; bisweilen liegen sie einander nahe in grösserer Ausdehnung, so dass sie mehr oder weniger breite platte Bänder bilden. Sie zeigen bei chemischen Reactionen Uebereinstimmung mit Bindegewebsfibrillen, nicht mit elastischen Elementen. Diese Fasern, welche dem mittelsten Stratum der Intima Pia angehören, werden dann an ihrer Innenseite überzogen und von der Rückenmarksfläche getrennt durch ein äussert dünnes Häutchen, ähnlich dem, welches die Begrenzung der Intima nach aussen bildet. Betrachtet man die innere Fläche der Pia bei scharfer Einstellung, sieht man dieses Häutchen die steifen Circulärfasern bedeckend und als eine dünne Schicht mit zerstreuten, feinen Körnern hervortretend. Daneben finden sich auch hier, aber bei weitem nicht immer, ovale Kerne in gewissen Entfernungen, und um diese Kerne sieht man besonders nach Färbung in Goldchlorid eine feine, mehr protoplasmatische Zone, welche die Kerne umhüllt; die Begrenzung dieser Zone ist gewöhnlich diffus, und davon gehen oft strahlenförmige Ausläufer, welche auch einen

diffusen Rand haben, über das Häutchen hinaus. Bei den Kaninchen ist es am leichtesten gelungen, diese Zellen an der Innenseite zu sehen; ebenso treten sie gut bei neugeborenen Thieren hervor, wo sie eine stärkere körnige Umgebung haben, wie auch das ganze Häutchen mehr körnig ist (s. Fig. 11). Es scheint, als ob die Kerne, bei Abtrennung der Haut vom Rückenmark, bei älteren Individuen leicht sich ablösten, warum man sie gewöhnlich nur an zerstreuten Stellen beibehalten findet. Am besten bekommt man sie nach unserer Erfahrung bei Behandlung des frischen Rückenmarks mit Goldchlorid, weniger vollständig bei Osmiumbehandlung oder durch andere Präparationsmethoden zu sehen. Unmittelbar in und unter dem geschilderten Häutchen, und wie es scheint mit demselben in Zusammenhang, erhält man ganz wie am äusseren Zellenhäutchen der Intima ein elastisches Netz mit länglichen Maschen, in der Regel in Längenrichtung gehend, und also die steifen Circulärfasern kreuzend. Dieses Netz sieht man in der einen Ecke der Fig. 10 bei b. Es tritt nicht immer, ohne Behandlung mit besonderen Reagentien, hervor. In Fig. 11, welche die Intima einer jungen Katze wiedergiebt, wo sie mehr körnig und protoplasmatisch ist, tritt es nicht hervor. Bisweilen scheint dieses elastische Fasernetz wirklich zu mangeln oder äusserst unvollständig entwickelt zu sein, so dass seine Fasern nur angedeutet, nicht scharf differenzirt sind. Ausserdem sieht man bisweilen auch in der Intima selbst eine Andeutung einer sehr feinen Längsstreifung.

Fassen wir jetzt das von der Intima Pia Gesagte zusammen, so finden wir, dass sie aus drei Schichten besteht, nämlich einem äusseren, begrenzenden Zellenhäutchen, mit einem mehr elastischen, longitudinalen Netzwerk, einer Mittelschicht mit den steifen, im Allgemeinen rautenförmig angeordneten, circulären Fasern, und einem inneren, dünnen, nach dem Rückenmark hin abschliessenden Zellenhäutchen, ebenfalls mit einem feinen elastischen Netz nach der circulären Schicht zu.

Die also geschilderte Intima Pia liegt nun dicht an der Fläche des Rückenmarkes und ist mit einer dünnen Flächenschicht von Neuroglia leicht vereinigt, aber doch so innig, dass kein freier Zwischenraum (His, Epispinalraum) hier vorhanden ist. Die Neuroglia befestigt sich, ohne Modification ihres Gewebes zu erleiden, an der gegen sie übrigens scharf und gut als Haut begrenzten Intima Pia, und die steifen Fasern der Mittelschicht treten keines-

wegs in die Neuroglia hinein. Die Intima Pia verhält sich zu den in das Rückenmark eingehenden Blutgefässen in einer sehr interessanten Weise, welche ganz mit dem übereinstimmt, was wir vor zwei Jahren von der Pia cerebralis schilderten, nämlich dass die Pia mit den Gefässen trichterförmige Verlängerungen bildet, welche sich als Scheiden um die Gefässe im Gehirn und Rückenmark fortsetzen. In Fig. 12 und 13 haben wir aus dem Rückenmark solche Trichter und Scheiden abgebildet. Es ist die Intima Pia, von welcher sie gebildet werden. Sie sind, wie wir in Fig. 13, welche ein in Zusammenhang mit der Pia vom Rückenmark herausgezogenes Gefäss wiedergiebt, sehen können, sehr geräumig, besonders in ihrem Anfang, woneben sie am Abgang der Gefässzweige oft eine grosse Ausbreitung haben. Oft kann man in dieser Weise isolirte Gefässe weit in ihre Verzweigungen, überall von kernführenden Scheiden umgeben, isolirt erhalten. Die Trichter erfüllen in ihrer natürlichen Lage vollkommen die trichterförmigen Oeffnungen, welche man an der Fläche des Markes in die Gefässkanäle hineinleiten findet, nachdem die Gefässe entfernt sind. In Fig. 12 sieht man einen solchen Piatrichter von oben, mit seiner grossen, rundlichen Oeffnung a, in welche das Gefäss eintaucht. Die steifen Fasern der Circulärschicht der Intima verhalten sich zu den Trichtern und Scheiden in einer eigenthümlichen Weise, wie wir in den Fig. 12 und 13 finden können. Sie laufen mit dem Trichter und der Scheide ebenso steif und gerade, wie in der Pia selbst, trennen sich aber im Allgemeinen etwas von dem inneren Zellenhäutchen und legen sich dicht an die Wände des Gefässes, oft dasselbe mit ihren Zweigen überkreuzend, wie Fig. 13 zeigt. Diese zahlreichen Trichter oder Piaverlängerungen mit ihren in das Rückenmark eintretenden Gefässen, tragen in hohem Grade zur Befestigung der Pia an der Spinalfläche bei. An der Fläche einer abgetrennten Pia sieht man sie alle von demselben Bau als feine Zotten flottiren, wenn die Haut in einer Flüssigkeit liegt.

In die Fissuren des Rückenmarkes senkt sich nicht nur die Intima Pia, sondern auch Balken und Häutchen vom äusseren longitudinalen Piastratum, welche also in den Fissuren den mittleren Theil der Piaverlängerungen bilden, und die Blutgefässe zwischen sich enthalten. An jeder Seite sind diese Septa nach dem Rückenmarke hin von der Intima Pia begrenzt, welche wo Gefässe abgehen, um an den Seiten der Fissuren in das Rückenmark ein-

zudringen, ganz wie an der Oberfläche, Trichter und Scheiden mitsendet.

Wir haben in unseren früheren Mittheilungen beschrieben, wie eine Injection von den Subarachnoidalräumen des Gehirns durch die Piatrichter und dann in die Blutgefässscheiden fortläuft ohne zwischen die Pia selbst und die Gehirnoberfläche (wenn nicht eine Berstung entsteht) einzutreten, und wir haben darum die Gegenwart eines Epicerebralraumes, wie er von His zwischen der Pia und dem Gehirn geschildert wurde, bestritten.

Wir können jetzt mittheilen, was uns übrigens schon seit 1870 bekannt war, dass am Rückenmark dasselbe Verhalten, wie am Gehirn, vorhanden ist, welches übrigens aus dem über den Bau der Pia Angeführten schon hervorgehen mag.

Unsere Injectionen haben wir fortwährend auf die von uns früher beschriebene Weise ausgeführt. Wir haben also die Flüssigkeit (gewöhnlich Richardsons Blau), durch ihre eigene Schwere und gewöhnlich mit sehr geringer Druckhöhe, von einem Trichter hinabfliessen lassen; der Trichter war durch ein Gummirohr mit einer Glascanüle, deren Spitze wir in die Subarachnoidalräume oder in den Subduralraum zwischen Arachnoidea und Dura eingeführt, je nachdem wir eine Injection an dem einen oder anderen Ort haben wollten, oder auch haben wir eine Doppelinjection mit verschiedenen Flüssigkeiten in die Subdural- und Subarachnoidalräume gemacht, und dies Alles bei einer grossen Anzahl von Menschen und Thieren. Bei einer derartigen Injection in die Subarachnoidalräume des Rückenmarks füllen sich zuerst diese, das ganze Rückenmark entlang, so wie die des Gehirns, wie wir früher geschildert haben; dann dringt die Masse auch in die äussere, longitudinale Pialage, zwischen ihre von Häutchenzellen überzogenen Balken und Häutchen. Die Intima Pia bildet allein überall eine Barriere zwischen der Masse und dem Rückenmark; in die Fissuren geht die Masse auch auf ganz dieselbe Weise in die eindringenden Piaverlängerungen ein, aber die Intima Pia trennt sie auch hier an den Seiten von dem Rückenmark ab. Durch die oben geschilderten Piatrichter rinnt die Flüssigkeit in die Gefässscheiden ein, und läuft mit ihnen in das Rückenmark fort (Fig. 40). Wir haben auf diese Weise die Blutgefässscheiden weit in die Zweige hinein injicirt. Nie geht die Masse zwischen die Intima Pia und das Rückenmark, oder zwischen den Gefässscheiden und dem Rückenmark hinaus; und wir müssen

daher auch hier die Gegenwart eines His'schen Epispinalraumes bestreiten, so wie wir auch festhalten müssen, dass die Lymphe um die Blutgefässe des Rückenmarks in derartigen, von der Intima Pia herstammenden Gefässscheiden, und nicht ausserhalb derselben läuft. Es ist auch aus dem Dargestelllen klar, dass diese Scheidenräume in offener Verbindung mit den Subarachnoidalräumen stehen, welche ihrerseits überall sowohl mit dem Rückenmark als dem Gehirn zusammenhängen.

Wir wollen uns jetzt zum peripherischen System wenden und dabei zuerst nachsehen, wie die Häute sich zu den abgehenden Nerven verhalten. Wir müssen dann erst zur Beantwortung die alte Frage aufnehmen, ob die Arachnoidea als eine geschlossene Haut betrachtet werden kann, welche mit einem parietalen Blatt über die Innenseite der Dura, wie Pleura über die Brustwand, reflectirt ist, oder ob die Dura keinen solchen arachnoidalen Ueberzug hat. Wir wollen dann zuerst nachsehen, wie die Innenseite der Dura beschaffen ist. Dass ihre Fläche von einer Epithel- oder Endothelschicht, ähnlich der arachnoidalen, überzogen ist, wird von den Verfassern ziemlich allgemein angegeben; dies ist aber in der That nicht Alles, was an der inneren Durafläche innerhalb der Fibrillenbalken vorhanden ist.

Sowohl bei Menschen als Thieren haben wir hier nämlich an der Innenseite ein äusserst dünnes Häutchen gefunden, welches fast in Allem den Häutchen ähnelt, die wir von der Intima Pia, als beide Flächen ihrer transversalen Mittelschicht bekleidend, beschrieben. Aeusserlich finden wir eine sehr dünne Lage von platten Zellen, welche den von uns so oft beschriebenen ähnlich sind, die aber hier, wie an der Fläche der Arachnoidea, ihre Grenzen auch ohne Silberfärbung hervortreten lassen können. Diese Zellenlage ruht auf einem ausserordenlich feinen, mehr homogenen, oder mit sparsamen Körnern versehenen Häutchen, in welchem ein Netzwerk von sehr feinen, elastischen Fasern sich ausbreitet. Das äusserst feine Häutchen zwischen den elastischen Fasern berstet oft, und die Fasern werden dann frei. Wir haben hier nicht Platz für die Abbildung dieses Häutchens gefunden, verweisen aber auf die Fig. 10, als ein ganz analoges Verhalten wiedergebend. Diese innere Bekleidung der Dura kann oft in grossem Zusammenhang abgelöst werden, und an Querschnitten sieht man das Häutchen nicht selten sehr schön flottiren. Im Vorbeigehen mag erwähnt werden, dass

wir mehrmals kleine Perlengeschwülste aus concentrischen Epithel- oder vielmehr Endothelbalken gefunden haben, die eben von diesem Häutchen hervorragten und mit ihm flottirten, und allem Anscheine nach eben von den Endothelzellen gebildet waren. Aehnliche kleine Balken haben wir auch im Subarachnoidalgewebe gefunden hier von seinen Endothel- oder Häutchenzellen ausgehend. Fragen wir uns jetzt, was das Häutchen an der Innenseite der Dura mit der Arachnoidea zu thun hat, und ob es als die über die Dura reflectirte Schicht derselben zu betrachten ist, so müssen wir von unserem Standpunkte aus sagen, dass diese Frage eigentlich von keinem Gewicht oder keinem Interesse mehr ist, und dass sie sowohl bejahend als verneinend beantwortet werden kann. Wir wollen zuerst nachsehen, wie die Arachnoidea sich zu den Balken verhält, die zwischen ihr und der Dura verlaufen. Die stärksten von ihnen sind die Zacken des Ligamentum denticulatum. Die Arachnoidea verhält sich zu ihnen in derselben Weise wie zu den feineren Balken.

Wie oben erwähnt ist, wird die Arachnoidea von diesen Zacken nicht durchbrochen, sondern sendet mit ihnen geräumige Scheiden, welche sie bis zur Dura begleiten. Diese Scheiden gehen nun direct in die geschilderte, innere Bekleidungshaut der Dura über, während die von den Scheiden umgebenen Balken in die Balken der Dura übergehen. Die Arachnoidalscheiden hängen aber nicht nur mit der Flächenschicht der Dura zusammen, sondern können auch direct in feine Endothelhäutchen fortgehen, welche wir im Inneren der Dura, als Hüllen und Zwischenmembranen zwischen den fibrillären Balken- und Häutchenschichten der Dura, gefunden haben. Oft gehen die von den Arachnoidalscheiden umgebenen Balken wie z. B. die Zacken des Ligamentum denticulatum, nicht unmittelbar in die oberflächlichste Balkenschicht der Dura über, sondern sie dringen mehr oder weniger tief in die Dura in Löchern oder Spalten hinein, und gehen dann in tiefer liegende Schichten über; so auch die Zellenhäutchen. Wir können hier auf eine Detailbeschreibung der Dura nicht eingehen, sondern verweisen auf unsere grössere Arbeit, um so mehr als wir an mehreren Stellen dieser Abhandlung Schilderungen von Bindegewebshäuten geliefert haben, welche mehr oder weniger auch für die Dura gelten. Nach erworbener Kenntniss derselben wird man die hier von der Dura gegebenen Andeutungen besser verstehen. Diese mögen indessen hinreichend sein, um uns zu berechtigen folgende Erklärung mit

Hinsicht des Zusammenhanges der Arachnoidea und Dura zu geben. Die Arachnoidea ist, wenn man so sagen will, membranöses Bindegewebe, zum grössten Theil aus dünnen Häutchenzellen und verhältnissmässig sparsamen fibrillären Balken gebildet, und sie geht an den Balkenanheftungen in das an Balken und Fibrillen sehr reiche Bindegewebe der Dura über. Die Arachnoidea hängt sowohl mit dem Flächenendothel als mit Zellenhäutchen im Inneren der Dura zusammen.

Wir wollen jetzt zu den austretenden Nerven übergehen und sehen, wie die Häute sich zu ihnen verhalten. In unseren Mittheilungen von 1870 haben wir schon mitgetheilt, dass wir sowohl vom Subduralraum als von den Subarachnoidalräumen, sowohl von denen des Gehirns als des Rückenmarkes, die abgehenden Nerven weit in ihre Zweige hinein, die Rückenmarksnerven weit ausserhalb der Spinalganglien, injicirt haben; dass die Masse mit den Nerven in ihren Lymphscheiden um die Nervenbündel fortlief; ferner dass wir an den Scheiden dieser Räume bei Thieren aller Wirbelthierklassen durch Silberfärbung Endothelzeichnung erhalten, und dass wir beim Frosch diese Silberzeichnung bis in die Rückenmarkshäute verfolgt haben. Wir theilen hier als Beispiel einige Abbildungen von solchen Injectionen mit, und unter diesen weisen wir zuerst auf die Fig. 21, 22 und 23 hin, welche eine subarachnoidale Injection wiedergeben.

Fig. 21 zeigt den Querschnitt eines Hunderückenmarks am Lumbaltheil, etwas oberhalb der Cauda equina. Man sieht an derselben, wie die Nervenbündel rings um das Rückenmark schön angeordnet liegen, und wie die Injectionsmasse die Zwischenräume der Bündel füllt, und auch in die Piaverlängerung der Fissura anterior eindringt.

Wenn man die Häute hier untersucht, findet man sie Umhüllungen und verbindende Balken an den einzelnen Nervenbündeln bilden, welche letztere mehr und mehr vereinigt werden, um endlich die resp. austretenden Nerven zu formiren; diese sind aber vor ihrem Austritt aus dem Canal der Rückenmarkshäute oft in einer längeren oder kürzeren Strecke durch cribrirte Subarachnoidalhäutchen oder strafferes Balkenwerk an der Innenseite der Arachnoidea angeheftet. Am eigentlichen Austritt der Nerven findet man nun, dass die Dura eine Scheide mit jedem Nerven absendet, welche dann denselben röhrenförmig umgiebt. Wenn wir in unserer Beschreibung uns hier nur an den Menschen halten, so finden wir,

betreffend das Verhalten der vorderen und hinteren Wurzel zu einander beim Austritt, dass einige Variationen hier vorkommen. Entweder gehen die beiden Nervenwurzeln nahe an einander, aber anfangs getrennt aus, und jede hat dann in der Nähe ihres Austrittes ihre eigene Duralscheide, bald aber schmelzen diese Scheiden zusammen, obwohl mit Beibehaltung einer Scheidewand zwischen den Wurzeln (bei einigen Thieren gehen sie mehr allgemein auf diese Weise isolirt und bleiben länger getrennt); in anderen Fällen laufen sie dicht bei einander, wie es scheint in Gesellschaft aus, von einander aber doch durch eine Zwischenwand von der Dura getrennt; in anderen Fällen gehen sie dagegen anfangs wirklich beisammen, aber früher oder später entsteht dann eine Scheidewand durch Hineinschiebung von der Duralscheide aus. Weiter hinaus, dem Ganglion näher, entstehen immer mehr solche durale Scheidewände zwischen den Nervenbündeln und das Verhältniss wird dann verwickelter. Durch eine Reihe von Querschnitten veranschaulichen wir dies in unserer grösseren Arbeit. In diesen duralen Scheidewänden tritt in grösserer oder kleinerer Menge Fett auf, und oft findet man es in den Nervenwurzeln in sehr grosser Menge, immer aber in den Scheidewänden, welche durch Einschiebung von der Dura aus gebildet sind.

Wenden wir uns jetzt zum Verhalten der Arachnoidea und des Subarachnoidalgewebes zu den abgehenden Nerven, so sehen wir in der Fig. 22, wie die Subarachnoidalinjection um die Bündel in die Nervenwurzeln fortläuft. Fig. 23, welche den Längenschnitt einer solchen Wurzel und ihres Ganglion wiedergiebt, zeigt, wie die Injectionsmasse die Bündel der Nervenwurzeln umspült, mit der motorischen Wurzel am ganzen Ganglion vorbei geht und mit der sensorischen in das Ganglion selbst hinein folgt, in diesem sich ausbreitend und auf einigen Stellen auch durch das ganze Ganglion, dessen äusserster Theil auf der Figur nicht mit abgebildet ist, sich fortsetzend. Wenn man mikroskopisch untersucht, wo hier die Injectionsmasse sich befindet, so sieht man, dass sie in Räumen um und zwischen den Nervenbündeln liegt, nach aussen gegen die Dura von einem oder mehreren der Arachnoidea ganz ähnlichen Häutchen, und übrigens von einem dem subarachnoidalen ganz ähnlichen, mit Häutchen und Balken versehenen Gewebe begrenzt. Eine Untersuchung an der Austrittsstelle selbst zeigt uns auch, dass die Arachnoidea mit ihrem Subarachnoidalgewebe direct in die Dural-

scheide der Nervenwurzel fortgeht; dann folgt sie dem Nerven innerhalb der Duralscheide und der oben genannten duralen Scheidewände bis zum Ganglion hinaus. An der Austrittsstelle bildet indessen die Arachnoidea zahlreiche Verbindungen mit der Dura und auch längs den Scheiden der Wurzeln ist eine reichliche Verwachsung durch Austausch von Balken in der oben geschilderten Weise vorhanden. Wir müssen also für die Wurzeln der Spinalnerven zwischen dem Rückenmark und den Ganglien erstens eine gemeinsame Duralscheide unterscheiden, welche anfangs mehr einfach ist, dem Ganglion näher aber mehrere innere Scheidewände bildet, die beim Menschen oft an Fettgewebe reich sind, und innerhalb dieser Duralscheide mit ihren Scheidewänden wieder eine Arachnoidalscheide, welche die Nervenwurzeln umhüllt und durch reichliche Häutchen und Balkenwerke Räume bildet, die eine Fortsetzung der Subarachnoidalräume sind. Zwischen der Duralscheide und dem äussersten Blatte der Arachnoidalbekleidung, der directen Fortsetzung der Arachnoidea spinalis, geht ein Raum, welcher, wie der Subduralraum des Gehirns und Rückenmarks gewöhnlich nicht als solcher erscheint, weil die Arachnoidea dicht an der Duralscheide anliegt; dieser Raum ist doch eine directe Fortsetzung des Subduralraumes des Rückenmarks; aber die Verbindungen zwischen der Dura und der Arachnoidea sind, wie oben erwähnt, weit reichlicher in den Nervenwurzeln als im Allgemeinen um das Rückenmark. Wenn man eine subdurale Injection macht, so geht die Injectionsmasse auch in den Subduralraum der Nervenwurzeln fort und folgt den duralen Scheidewänden der Nervenbündel bis zu den Ganglien, ja sogar in dieselben hinein und an ihnen vorbei in die peripherischen Nerven hinaus, wovon mehr unten. Wenn man aber eine Doppelinjection macht, so findet man, wenn die Injection gelingt und hinreichend vordringt, die Injectionsflüssigkeiten getrennt, die eine im Subduralraum und die andere in den Scheidenräumen, welche wir als Fortsetzung der Subarachnoidalräume geschildert haben, und zwischen beiden läuft die äusserste Arachnoidalkante.

Wir haben also hier, abgesehen von den duralen Scheidewänden zwischen einigen Nervenbündeln, ganz dasselbe Verhältniss, welches wir früher an dem Opticus geschildert, wo wir, wie es bekannt sein mag, auch zwei Scheiden gefunden, eine äussere Duralscheide als unmittelbare Fortsetzung der Dura cerebri, und eine innere Arachnoidalscheide mit balkigem Subarachnoidalgewebe, eine

unmittelbare Fortsetzung der Arachnoidea, und jede dieser Scheiden mit besonderen, bis zu dem Bulbus Oculi leicht injicirbaren Räumen. Sieht man jetzt nach, wie die geschilderten Häutchen und Lymphwege der Nervenwurzeln sich weiter hinaus in und um das Ganglion verhalten, so findet man, wenn man zuerst die äusseren Theile betrachtet, dass sie mit der motorischen Wurzel direct verlaufen. Die umhüllende Fortsetzung der Arachnoidea wird allmählich immer reicher an Lamellen, mehrere arachnoidale Blätter liegen concentrisch um einander und die subarachnoidale Injection läuft zwischen allen oder nur zwischen einigen derselben fort. Sie geht auf diese Weise dem Ganglion vorbei in den Nerven hinaus, wovon unten mehr. Wenn man jetzt den Verlauf der Injection mit der sensorischen Wurzel in und um das Ganglion verfolgt, mag es vielleicht am besten sein zuerst die Verhältnisse an der Oberfläche des Ganglion zu betrachten. Die Duralscheide setzt sich hier über das Ganglion fort und schon innerhalb des Ganglion ist sie an ihrer Fläche so innig mit dem ausserhalb liegenden Fettgewebe vereinigt, welche wie eine Tunica adiposa den Nervenwurzeln aus dem Rückenmarkscanale hinaus folgt. Innerhalb der Duralscheide des Ganglion geht jetzt auch das Arachnoidalgewebe weiter, wie wir mit einem gemeinsamen Namen hierfür jetzt die Fortsetzung der Arachnoidea selbst und das Subarachnoidalgewebe nennen mögen. Mehrere feine Zellenhäutchen liegen innerhalb einander. Die Verwachsungen mit der Dura werden immer zahlreicher. Die Arachnoidalhäutchen nehmen reichlich Balken auf, besonders in der Umgebung der Blutgefässe und hierdurch wird es oft schwer die Grenze gegen die Dura bestimmt anzugeben. Indessen findet man bei gelungenen Injectionen, wie die Masse, sowohl bei Menschen als bei Thieren in diesen periglanglionären Häutchen dem ganzen Ganglion vorbei in den Nerven hinaus fortläuft. Hier scheint, um von den Injectionsresultaten zu urtheilen, keine vollständige Trennung zwischen dem Subduralraum und den Scheidenräumen, welche Fortsetzungen der Subarachnoidalräume sind, vorhanden zu sein. Der reichliche Austausch von Gewebebestandtheilen zwischen der Dura und den nach innen liegenden Häutchen verursacht, dass an gewissen Stellen die Grenze verwischt erscheint, während man sonst in grösster Ausdehnung den von der Arachnoidea stammenden Häutchen über das ganze Ganglion zum Nerven folgen kann.

Von diesen äusseren Häutchen gehen nun Fortsetzungen in das

Innere des Ganglions hinein, die zwischen sich Spaltenräume bilden, in welchen die Injectionsmasse von der Oberfläche in das Innere des Ganglions fortläuft; das Verhalten derselben am letztern Ort werden wir später besprechen, wenn wir kennen gelernt haben, wie die Injectionsmasse sich verhält, wenn sie den Nerven in das Innere des Ganglions direct folgt. Auch von der Dura gehen zahlreiche Fortsetzungen in das Ganglion hinein, und sie können auch dort Fettgewebe enthalten. Bei einer unvollständigeren Injection findet man mehrere oder wenigere von den in dem Ganglion noch als Bündel verlaufenden Nervenfaserpartien vollständiger oder unvollständiger von der Injectionsflüssigkeit umgeben, und diese befindet sich dann in Scheidenräumen von feinen Zellenhäutchen gebildet, welche den subarachnoidalen ähnlich sind (Fig. 29). Diese Häutchen sind auch eine directe Fortsetzung der oben geschilderten subarachnoidalen Umhüllungen der Nervenwurzeln in das Ganglion hinein. Die von ihnen gebildeten Räume stehen durch die von aussen eintretenden Häutchen auch in Verbindung mit den perigangliönären Räumen, und die Injectionsmasse kann von aussen in die Scheidenräume im Inneren des Ganglion übergehen oder auch umgekehrt vom Inneren zu den äusseren Scheidenräumen austreten. Man erhält aber die Injectionsmasse nicht nur in den Scheidenräumen der in das Ganglion tretenden Nervenbündel, sondern sie verbreitet sich im Ganglion auf eine verwickeltere Weise. Um dieses Verhältniss zu schildern, müssen wir zuerst einen flüchtigen Blick auf den Bau der Ganglien werfen, müssen aber dabei von der Beschreibung der relativen Anordnung der Ganglienzellen und Nervenbündel u. dgl. in diesem Aufsatz als von geringerem Interesse für unseren eigentlichen Hauptgegenstand ganz abstehen.

Nirgends haben wir das interstitielle Gewebe der Ganglien einigermassen hinreichend genau geschildert oder abgebildet gefunden und eine solche Schilderung mag auch ohne alle Kenntniss der von uns gefundenen äusserst reichlichen Lymphbahnen und ohne Kenntniss der feineren Structurverhältnisse der in den Bau der Ganglien so wesentlich eingehenden, von der Arachnoidea und dem Subarachnoidalgewebe stammenden Häutchen fast unmöglich gewesen sein. An den feinsten Schnitten zeigt sich das Gewebe, z. B. zwischen den Ganglienzellen, so complicirt und wir besitzen so wenige Mittel klar auf einmal die Art aller der Fasern, Häutchen, Kerne etc., die hier vorhanden sind, kennen zu lernen, dass man so zu sagen

die Textur stückweise hervorpflücken und jedes darin eingehende Gewebe für sich erörtern muss. Dass die Zwischenräume der Ganglienzellen nicht aus einem compacten Bindegewebe bestehen, dessen verdichtete Grenze die Kapseln der Ganglienzellen wäre, davon kann man sich ziemlich leicht überzeugen, besonders wenn man die Essigsäure ganz vermeidet, die für solche Untersuchungen so verderblich ist, wenn ihre Anwendung nicht auf gewisse specielle Zwecke beschränkt wird. Betrachten wir zuerst die Ganglienzellen selbst und ihre Kapseln. Die letzteren sind sehr dünne blasenartige Bildungen um die Ganglienzellen. Von der Innenseite der Kapseln sieht man, wie Fräntzel geschildert hat, eine Lage protoplasmatischer, kernführender Zellen. Diese trennen also die Kapsel von der Ganglienzelle selbst und ihre Lage, welche wenn sie auch undeutlich auf Fig. 30 erscheint, ist bald dicker, bald dünner und rings um die Kapsel gehend; wenn die Ganglienzelle während der Präparation weggefallen und die Kapsel also leer geworden ist, sieht man die Zellenlage oft in der schönsten Ausbreitung über die ganze innere Fläche. Bisweilen sieht man das Protoplasma von der einen oder anderen Zelle dieser Lage Ausläufer aussenden, welche zur Oberfläche der Ganglienzelle gehen. Sie können doch ein Kunstproduct sein, durch etwaige Schrumpfung der Ganglienzellen entstanden. Die Ganglienzellen füllen, wie bekannt, im Allgemeinen nicht die Kapsel aus oder vielmehr es ist gewöhnlich ein Zwischenraum zwischen der Zellenfläche und den Bekleidungszellen an der Innenseite der Kapsel. Wir können indessen nicht der allgemeinen Meinung beistimmen, dass dieser ganze Zwischenraum in der Regel durch die Schrumpfung der Ganglienzelle entsteht, denn wir finden ihn auch bei Anwendung solcher Untersuchungsmethoden, wo eine Schrumpfung nicht leicht vorkommen kann, wie bei frischer Untersuchung oder bei Osmiumerhärtung. Auf den feineren Bau der Ganglienzellen selbst wollen wir hier nicht näher eingehen; doch mag erwähnt werden, dass wir wie andere Verfasser sowohl bei Säugethieren als Batrachiern nie mit einiger Sicherheit mehr als einen wirklichen Zellenausläufer von ihnen ausgehen gesehen haben. Dieser von einer von der Kapsel stammenden Scheide umgebene Ausläufer ist oft recht grob und kann bisweilen ziemlich weit verfolgt werden. Ausser den Ganglienzellen und ihren Ausläufern mit den zugehörenden Kapseln und Kapselzellen gehen ferner in die Bildung des Ganglion die in verschiedenen Richtungen

verlaufenden als solche erkennbaren, wirklichen Nervenfasern ein, und daneben findet man häutchenähnliche, mehr oder weniger fibrilläre, mit Kernen versehene Ausbreitungen und gewöhnlich feine Bindegewebsfibrillen, welche frei zu sein scheinen, aber dann, nach Allem zu schliessen, zum grossen Theil mechanisch abgetrennt sind. Hierzu kommen noch die Blutgefässe, die gröberen und die feineren. Alle diese Bildungen scheinen nicht dicht zusammengepackt zu liegen, sondern es zeigen sich Lücken hie und da zwischen ihnen. Compacter wird das Gewebe, wo Fortsetzungen von der Dura ausgehen, oder wo die Häutchen reichlicher Balken führen.

Wenn wir nach dieser skizzirten Darstellung zu unseren Injectionen zurückkehren, so treffen wir ganz eigenthümliche Verhältnisse. Wir haben oben geschildert, wie die Injection in Räumen zwischen den von aussen eintretenden Häutchen und in Scheidenräumen um die zu Bündeln gesammelten Nervenfasern fortlief. Untersucht man nach einer gelungenen Subarachnoidalinjection eine Stelle, wo die Injection im Ganglion nahezu vollständig ist, so findet man, dass die Masse im Ganglion, so zu sagen, überall zwischen den Nervenelementen, wie Fig. 30 wiedergiebt, sich ausgebreitet hat. Die Kapseln der Ganglienzellen sind davon umspült, ohne dass die Flüssigkeit jemals in sie einzudringen pflegt, und die übrigen in das Ganglion eingehenden Theile schwimmen so zu sagen darin. In den Nervenbündeln findet man ein Verhältniss, welches man übrigens schon in den zum Ganglion gehenden Wurzeln wahrnehmen kann, dass die Masse von den Scheidenräumen um die Nervenbündel zwischen die einzelnen Fasern eindringt, welche letztere also auch hier wie in der Flüssigkeit schwimmen. Diese Injectionsresultate stimmen, wie es uns scheint, ganz gut mit dem Aussehen des Ganglions ohne Injection überein, und da unsere Injectionen bei äusserst niedrigem Druck ausgeführt sind, sahen wir sie lange Zeit als für die Ganglien ganz zuverlässig an. Ob sie in Allem so wirklich angesehen werden können, darüber lernten wir doch Zweifel zu hegen, nachdem wir Einstichsinjectionen in die Ganglien zu machen begannen, welche ganz neue und für die Geschichte der Lymphbahnen des Nervensystems höchst interessante Resultate ans Licht brachten. Wir sahen dann, ganz wie bei der Subarachnoidalinjection, die Masse in den Scheidenräumen um die Nervenbündel im Inneren der Ganglien fortlaufen und weiter sich durch grössere von Zellenhäutchen gebildete Spalten im Ganglion selbst und vermittelst sol-

cher auch zwischen die perigangliönären Häutchen austreten und von da ferner sowohl gegen die Nervenwurzel central nach dem Rückenmark als auch längs der peripherischen Nerven fortlaufen; aber statt der mehr diffusen Injection zwischen den Nervenfasern und den Ganglienzellen erhielten wir nun derartige schöne Lymphnetze, wie wir sie mit möglichster Naturtreue in den Fig. 31, 32 abgebildet haben. Dieses Netzwerk, welches die Ganglienzellen und Nervenfasern reichlich umgiebt, mündet überall in die oben erwähnten grösseren Scheidenräume aus, sowohl im Inneren des Ganglions als an seiner Oberfläche und wir haben also hier den schönsten Beweis für die Natur und die Verwandtschaft dieser Scheidenräume mit den Lymphgefässen, und wir finden auf demselben ein bis jetzt ganz unbekanntes äusserst reichliches Lymphnetz, welches unter allen Verhältnissen in den Spinalganglien vorhanden ist, und welches Netz nicht in die äusseren Lymphgefässe ausmündet, sondern in Räume, welche in directem Zusammenhang mit den Subarachnoidalräumen stehen. Eine grosse Schwierigkeit finden wir noch, eine befriedigende Erklärung der verschiedenen Resultate bei der Einstichsinjection und der Subarachnoidalinjection vom Rückenmark aus, so wie auch das richtige Verhältniss der so ausgeprägten, theilweise netzförmigen Injection zu der diffusen zu verstehen, um so mehr, als wir durch beide Methoden zum Theil ganz dieselben Räume injicirt erhalten. Wir wollen hierüber keine Hypothesen machen, sondern nur die Facta mittheilen, hoffen aber durch andere Methoden bald diese Sache ganz ins Reine zu bringen. Indessen mag erwähnt werden, dass man auch bei Injection von den serösen Räumen des Rückenmarks aus, nicht selten, besonders wenn die Injection unvollständiger ist, ihre Flüssigkeiten in Gängen und Spaltenräumen um die Ganglienzellen fortlaufen und sich nicht so diffus zwischen ihnen ausbreiten sieht. Ehe wir zu den peripherischen Nerven selbst übergehen, wollen wir nur im Vorbeigehen erwähnen, dass wir in den Ganglien des sympathischen Nervensystems dasselbe Resultat wie bei Einstichsinjectionen in die spinalen Ganglien erhalten haben, wovon weiter unten.

Als wir am Anfang dieser unserer Untersuchungen vor drei Jahren zu unserer grossen Ueberraschung Injection der peripherischen Nerven von den Lymphräumen des Gehirns und Rückenmarks erhielten, und dies so vollständig, dass wir alle Augennerven und den Olfactorius in ihre Zweige hinein, den Trigeminus in seinem Ramus

alveolaris bis über seinen Austritt aus dem Foramen mentale hinaus, den Hypoglossus bis zur Zunge u. s. w., und vom Rückenmark aus, z. B. in die Sacral- und Lumbalnerven solche Injection, wie die auf Fig. 39 abgebildete; und da wir ferner auch fanden, dass die Scheiden der Nervenbündel, in deren Zwischenräumen die Injection verlief, nach Silberfärbung die schönste Endothelzeichnung gaben, und dies constant in allen Klassen der Vertebraten, wie wir schon 1870 mitgetheilt haben, und es uns klar wurde, dass wir es hier mit im ganzen peripherischen Nervensystem fortlaufenden und in Zusammenhang mit den serösen Räumen des centralen Nervensystems stehenden Lymphbahnen zu thun hatten, von welchen die ganze neuere Literatur kein Wort zu melden hatte, ahnten wir nicht, dass es in der That nicht das erste Mal war, dass diese Bahnen, wenigstens in den peripherischen Nerven, injicirt wurden, obwohl sie nicht richtig aufgefasst worden waren. Es war in der zu wenig beachteten Abhandlung Robin's, Notes sur le périnèvre, dass wir fanden, dass der Franzose Bogros vor 45 Jahren (1825) mit Quecksilber die peripherischen Nerven bis zu den Ganglien injicirte, an welchen letzteren vorbei die Injection aber nicht weiter fortlief. Bei Injectionen unter die Dura Mater hatte er das Quecksilber bis zu dem inneren Ende der Ganglien fliessen gesehen. In den feineren peripherischen Zweigen scheint es gelungen zu sein, die Injection sehr weit zu treiben. Bogros hatte auf Grund seiner Injectionen angenommen, dass alle Nervenbündel eines Nerven, mit Ausnahme derjenigen des Nervus opticus, acusticus und olfactorius, von einem Canal umgeben waren, durch welche die Injection dringen konnte, und der zunächst von einer Tunica interna und ausserhalb derselben von dem allen Nervenbündeln eines Nervenstammes gemeinsamen sog. Neurilem begrenzt wurde. Diese schönen Untersuchungen[1]), welche eigentlich Anregung zur Erforschung der Lymphwege der Nerven gegeben haben sollten, wurden mit dem grössten Misstrauen empfangen, bekämpft und ganz vergessen. Obwohl Cruveilhier die Beobachtungen Bogros bestätigte und auch eine jedem Nervenbündel angehörige Hülle annahm,

1) Leider ist es uns nicht gelungen, die Originalarbeit Bogros' uns zu verschaffen: Mémoire sur la structure des nerfs, lu à l'académie des sciences le 2. Mai 1825 (Répertoir général d'Anatomie et de physiologie. Paris 1827 T. 4) und wir kennen sie daher nur durch das Referat Robin's.

welche er als von seröser Natur betrachtete und gaine propre nannte, gewann das Verhältniss nicht die verdiente Aufmerksamkeit und für das eigentliche Injectionsresultat wurde vielleicht auch das Interesse dadurch vermindert, dass Cruveilhier angab, dass die Injection central in den Nervenbündeln lief, mit den Nervenfasern um sich zerstreut, welches Alles nicht auf wirkliche Lymphbahnen hindeutete.

Robin theilte in seiner oben citirten Arbeit eine ausführliche Beschreibung des Perineuriums mit, welchem er eben diesen Namen gab. Aber auch seine Beschreibung hat dem Perineurium keine Aufmerksamkeit von der Seite der Histologen und Physiologen zu gewinnen vermocht. Zum Theil hat man Robin nicht richtig verstanden, dazu gab er vielleicht selbst etwas Anlass. Als er das Perineurium mit dem Sarcolemma der Muskelfasern verglich und meinte, dass keine Blutgefässe die Scheide oder den Tubus, welcher von demselben um jedes Nervenbündel gebildet wurde, durchdrängen, so war dies unrichtig und für Andere missleitend. Uebrigens schilderte er das Perineurium als ein Gewebe ganz eigener Art, »espèce nouvelle d'élément anatomique«. Die eigentliche Structur war nach ihm sehr einfach; das Perineurium bestand aus einer homogenen Substanz, gestreift oder ungestreift und mit Kernen in ihrer Masse versehen. Der wirkliche Bau des Perineurium wurde also, wie aus unserer Beschreibung hervorgehen wird, von Robin nicht gefunden, aber seiner Schilderung der Ausbreitung etc. und des bestimmten Unterschiedes desselben vom eigentlichen Neurilem liegen manche gute und richtige Beobachtungen zu Grunde. Um die feineren Nerven haben mehrere Verfasser umhüllende Scheiden erwähnt und abgebildet, so auch einer von uns, aber diese Scheiden sind bis jetzt nicht in ihrer rechten Bedeutung aufgefasst worden und gewöhnlich hat man sich mit der Angabe begnügt, dass sie vom Neurilem stammen, welches diese Form angenommen hat, oder auch hat man sie als Schwann'sche Scheiden bezeichnet.

Wenn man den Querschnitt eines grösseren Nerven, wie z. B. des Ischiadicus (Fig. 24) untersucht, so findet man, wie bekannt, dass er aus einer Menge von Nervenfaserbündeln besteht, von welchen einige dicht an einander liegen, während die meisten mehr oder weniger getrennt sind, sämmtlich doch von einem Bindegewebe zusammengehalten, welches nach aussen an der Peripherie dichter ist und die äussere Umhüllung des ganzen Nervenstammes bildet,

welche Umhüllung doch unter dem Mikroskop oft keine so scharfe Grenze zeigt, als man aus der makroskopischen Beschaffenheit glauben konnte. In diesem Gewebe tritt in den Zwischenräumen zwischen den Nervenbündeln mehr oder weniger reichliches Fettgewebe, oft in höchst bedeutender Menge, auf; betreffs seiner Form richtet sich dieses Fettgewebe gewöhnlich mehr oder weniger nach den Nervenbündeln, zwischen welchen es in einiger Entfernung liegt. Ausserdem findet man die gröberen Blutgefässe der Nerven in diesem Gewebe verlaufen, welches bisher mit dem gar zu umfassenden Namen Neurilem bezeichnet worden ist. Betrachtet man den Querschnitt näher, so findet man auch bei geringerer Vergrösserung zunächst um jedes Nervenbündel einen mehr oder weniger breiten Ring, welcher von der Umgebung sich deutlich und gewöhnlich scharf markirt. Dies ist Robins Perineurium, ein Name, den wir glauben mit scharfer und bestimmter Begrenzung eben für dieses die Nervenbündel zunächst umschliessende Gewebe beibehalten zu können. Den Namen Neurilem glauben wir dagegen schon jetzt ganz und gar ausstreichen zu müssen, wie ungern wir auch dies Wegnehmen einer Benennung, die so allgemein benutzt ist, vorschlagen. Aber eben weil das Verhalten des Bindegewebes in den Nerven, wie wir zu behaupten wagen, so unbefriedigend erforscht gewesen, ist das Wort Neurilem gar zu umfassend, denn es ist benutzt worden, um Alles das zu bezeichnen, was zum Bindegewebe in den Nerven gehört; ja sogar die Primitivscheide der einzelnen Nervenfasern (Kölliker) oder die Schwann'sche Scheide ist Neurilem genannt worden. Desswegen weiss man nie, was mit dieser Benennung gemeint wird, sofern sie nicht von einer Definition begleitet ist. Da wir glauben, — und in dieser Hinsicht wird man uns wahrscheinlich recht geben, dass man bei Beschreibungen, sowohl in der normalen als in der pathologischen Anatomie der Nerven, einen strengen und bestimmten Unterschied zwischen dem Perineurium um jedes Nervenbündel und dem Bindegewebe nach Innen von demselben, zwischen und um die Nervenfasern selbst, und ferner dem Bindegewebe, welches die Nervenbündel zusammenhaltend, ausserhalb des Perineurium liegt, einen strengen und bestimmten Unterschied machen muss, so schlagen wir vor, dass man, wie gesagt, mit Beibehalten des noch nicht missbrauchten und übrigens auch gut gewählten Wortes Perineurium das Bindegewebe nach Innen von demselben, in den Nervenbündeln selbst Endoneurium

und das zusammenhaltende Bindegewebe ausserhalb des Perineurium zwischen den Bündeln Epineurium nennt.

Wenn man das Perineurium nach einer gelungenen Injection des Nerven, entweder einer Stichinjection oder von den serösen Räumen des Rückenmarks oder Gehirns aus betrachtet, so sieht man, wie Fig. 24 zeigt, dass wo die Injection vorgedrungen ist, sie eben den Platz des Perineurium einnimmt, und bei stärkeren Vergrösserungen findet man, dass sie zwischen feine Häutchen gelaufen ist, aus welchen das Perineurium zusammengesetzt erscheint. Untersucht man es ohne Injection an einem Querschnitt, so sieht man es im Allgemeinen so, wie Fig. 41 wiedergiebt. Es erscheint bei verschiedenen Behandlungsmethoden bald mehr homogen, ungefähr wie es Robin geschildert hat, bald mit deutlicher markirten, concentrischen Streifen, zwischen welchen es oft ein gewisses körniges Aussehen zeigt, woneben hie und da eingestreute Kerne vorhanden sind. An Längenschnitten gehen die Streifen in der Längenrichtung. Hie und da kann man, sowohl an Längen- als Querschnitten, wie freie Spalten in den Streifen sehen, und mit Nadeln kann man es mehr oder weniger leicht in dünne Häutchen zertheilen, aber am prachtvollsten und am leichtesten erhält man es in diese Häutchen gespalten, wenn man auf zweckmässige Weise behandelte Querschnitte gefrorener frischer Nerven untersucht. Fig. 42 giebt einen kleinen Theil eines solchen Präparates wieder und zeigt, wie das ganze Perineurium sich in diese feinen Häutchen gespalten hat, welche concentrisch, das eine ausserhalb des anderen, das Nervenbündel umgeben, hie und da, wenn auch ziemlich sparsam, durch zwischenlaufende Balken verbunden. Diese Häutchen ähneln in hohem Grade Arachnoidalhäutchen, und sind in der That eine mehr oder weniger directe Fortsetzung von solchen Häutchen. Man kann im Perineurium drei Strata unterscheiden, nämlich an jeder Fläche ein äusserst feines Zellenhäutchen, und zwischen diesen eine mehr oder weniger, gewöhnlich aber doch wenig entwickelte, fibrilläre Schicht. Wenn man ein Perineuralhäutchen in Flächenausbreitung untersucht, so findet man, z. B. nach Osmium- und Anilinbehandlung, an der Oberfläche die dünne Häutchenzellenschicht mit zerstreuten, oft leicht abfallenden, homogenen, mit Kernkörpern versehenen Kernen, welche entweder keine protoplasmatische Umgebung, oder auch eine mehr oder weniger deutliche haben, die dann gewöhnlich in das übrige Zellenhäutchen diffus

übergeht. In diesem letzteren sieht man auch zerstreute Körner, und oft tritt darin eine gewisse eigenthümliche, netzförmige Zeichnung, wie von unvollständig differenzirten Fasern auf (Fig. 14). Hie und da findet man, besonders nach Behandlung mit Essigsäure oder Holzessig, dünne Zellenplatten mit etwas umgebogenen Kanten sich von der Oberfläche des Perineuralhäutchens isoliren, und es gelingt bisweilen die zellulären Flächenschichten in grösserer Ausdehnung abzulösen. Mit Silberfärbung geben, wie wir 1870 beschrieben haben, alle Perineuralhäutchen die schönste Endothelzeichnung, und dies an allen Nerven des Körpers und bei allen von uns untersuchten Vertebraten; diese Endothelzeichnung zeigt immer polygonale Maschen, welche indessen bei verschiedenen Thieren von verschiedener Grösse sind (so z. B. sind sie sehr gross bei Batrachiern und Fischen). Wir konnten hier des Raumes wegen nur eine von unseren Abbildungen dieser Endothelzeichnung mittheilen, nämlich vom Sympathicus eines Kaninchens (Fig. 46). Man sieht auf dieser Figur das mehrschichtige perineurale Maschennetz, sowohl um die Nervenzweige wie um eine Partie eines Ganglion, mit welchem diese Nervenzweige zusammenhängen. Hier mag erwähnt werden, dass auch das Perineurium des spinalen Ganglion nach Silberfärbung eine solche Endothelzeichnung gibt.

Unter der zellulären Flächenschicht der Perineuralhäutchen erscheinen wie an der Intima Pia und unter der Zellenhäutchenbekleidung der Dura Mater hie und da feine, elastische Fasern, welche entweder sehr sparsam sind oder auch dichter stehen, verzweigt sind und Netze bilden; sie gehen in Längenrichtung. Zwischen den so beschaffenen Flächenschichten laufen gröbere oder feinere, platte Bindegewebsbalken (Fig. 14 a) in Längenrichtung, in längerer oder kürzerer Entfernung von einander, bisweilen in rautenförmiger Anordnung. Sie bestehen aus feinen Fibrillen, welche sich oft von den Balken abzweigen und sich in dem Häutchen zerstreuen. Auf Querschnitten sieht man diese feinen Fibrillen als Körner.

In Holzessig schwellen die Perineuralhäutchen bedeutend (Fig. 43, 44, 45). Sie zeigen dann nach Anilinbehandlung eine sehr schöne Anordnung. Wenn sie dicht beisammen liegen, sieht man feine rothe, concentrische kernführende Linien und zwischen diesen eine grauliche Masse mit schwachen, hellen Zeichnungen. Die rothen Linien sind die von Anilin gefärbten, zellulären Flächen-

schichten von welchen je zwei, wenn sie von zwei zusammenliegenden Häutchen gegen einander gepresst werden, wie einfach erscheinen. Eine gelungene Trennung der Häutchen zeigt dieses Verhältniss, wie es auch Fig. 43 wiedergiebt. Es ist die faserige Zwischenschicht des Häutchens, welche durch die Einwirkung des Holzessigs angeschwollen ist, und die grosse Verdickung des Häutchens veranlasst hat.

Wir haben mit Hinsicht auf die Injection in den peripherischen Nerven bis jetzt nur erwähnt, dass die Injectionen in die Zwischenräume der die Nervenbündel umgebenden Perineuralhäutchen fortläuft. Sie dringt zwischen diese Häutchen aus den die Ganglien umgebenden Häutchenräumen oder den ganglionären Perineuralräumen hinein, wie auch aus den Häutchenräumen, welche die aus dem Inneren der Ganglien austretenden Nervenbündel umschliessen. Umgekehrt haben wir gefunden, dass sowohl bei Menschen als bei Thieren (Hunden, Katzen, Kaninchen) nach Stichinjection in den peripherischen Nerven die Injectionsflüssigkeit auf denselben Wegen in die Ganglien hinein, um dieselben und ihnen vorbei, sowohl in den Subdural- als noch öfter in die Subarachnoidalräume einfliesst. Bei der einen sowohl wie bei der anderen Injection kann man sich vollständig von der periganglionären, und der noch mehr entwickelten, intraganglionären Fortsetzung der Perineuralhäutchen und von ihrem endlichen Uebergang in Arachnoidal- und Subarachnoidalhäutchen überzeugen. Die Injectionsflüssigkeit geht aber nicht nur in das eigentliche Perineurium der Bündel der peripherischen Nerven, sondern dringt aus diesem in das Nervenbündel selbst hinein, und geht dabei aus dem Perineurium in Spaltenräume und lückenförmige Gänge, oder auch sie geht in entgegengesetzter Richtung auf denselben Wegen aus dem Inneren des Nervenbündels zwischen die Perineuralhäutchen aus, wenn man nämlich Stichinjection in's Innere des Nervenbündels macht. Aber die Flüssigkeit bleibt nicht in diesen Bahnen, sondern sie breitet sich auch hie und da, ganz wie wir von den Ganglien oben geschildert haben, auf grösseren und kleineren Strecken um die einzelnen Nervenbündel aus, so dass diese wie in der Injectionsflüssigkeit baden. Hier entsteht sogleich die Frage, ob dies natürliche Wege sein können. Wenn man so injicirte Nerven an Quer- oder Längenschnitten untersucht, so findet man, dass die Injectionsmasse in den grösseren Spalträumen liegt, jederseits von feinen Häutchen begrenzt,

welche aus dem Inneren des Nervenbündels zum Perineurium führen, in dessen Häutchen diese (vom Inneren des Nervenbündels kommenden) Häutchen sich fortsetzen. Mit Holzessig behandelte Nerven geben über diese Verhältnisse manche Aufklärungen. Wir verweisen auf die Fig. 43, 44, 41, jene von Holzessigpräparaten, die letzte nach einem mit chromsaurem Kali, Weingeist und Karmin behandelten Präparat; auf diese Figuren sowohl als die Figuren 36, 37, 47, 48 u. m. gestützt, werden wir das innerhalb der Perineuralhäutchen befindliche Bindegewebe oder das von uns so benannte Endoneurium zu schildern versuchen.

Ein vom Perineurium umgebenes Nervenbündel ist, auch wenn es beim flüchtigen Betrachten einfach erscheint, doch immer in mehrere oder wenigere Unterabtheilungen getheilt, welche am Querschnitt durch hellere, verzweigte, breitere oder schmalere Streifen zwischen den Nervenfasern markirt sind. Diese Abtheilungen entstehen auf die Weise, dass einzelne Perineuralhäutchen vom Perineurium sich abtrennen und ins Innere des Nervenbündels eingehen, wo sie sich fortsetzen, das Nervenbündel anfangs in grössere Partien eintheilend. Sie werden dabei reicher an Fibrillen, als im Perineurium selbst, und schwellen also mehr bei Behandlung mit Essigsäure. Von einer solchen Scheidewand, welche aus mehreren Häutchen besteht (Fig. 41, 44), sieht man das eine Häutchen nach dem anderen sich nach der Seite wenden, um eine kleinere Partie der Nervenfasern des Nervenbündels abzutheilen und zu umschliessen. Die Blutgefässe verlaufen, nachdem sie durch das Perineurium gedrungen sind, mit diesen endoneuralen Häutchen in das Innere des Nervenbündels, sie sind zunächst von einer oder mehreren, concentrisch um ihre Wand angeordneten Scheiden umgeben, welche aus ganz gleichartigen zellulären, an Fibrillen besonders reichen Häutchen bestehen; an Holzessigpräparaten sieht man im Querschnitte diese Gefässhäutchen sehr schön als breite, concentrische Ringe um das Gefäss. Fast immer sieht man an einem quergeschnittenen Nerven ein solches von feinen Häutchen umgebenes Blutgefäss in der Mitte der dreieckigen Partie, welche an der Innenseite des Perineurium, da wo dieses feine endoneurale Scheidewände einsendet, gebildet wird; aber auch hie und da im Inneren des Nervenbündels, besonders in den grösseren, endoneuralen Häutchenausbreitungen finden sich die immer von ihren concentrischen Häutchen umgebenen Gefässe. Hier mag erwähnt

werden, dass wir an manchen anderen Stellen des Körpers, in verschiedenen Organen und Geweben diese Anordnung, welche zu der Bindegewebsfrage in inniger Beziehung steht, wiedergefunden haben, dass nämlich die Blutgefässe zunächst von einem oder mehreren, concentrischen, mit Häutchenzellen bekleideten Fibrillenhäutchen umgeben sind, welche mehr oder weniger stark in Holzessig oder Essigsäure anschwellen.

Durch das von den endoneuralen Fortsetzungen des Perineurium Gesagte ist leicht zu verstehen, in welche Bahnen die Injection vom Perineurium aus zwischen die kleineren Abtheilungen des Nervenbündels hineinkommt. Um aber zu fassen, wie sie um die einzelnen Nervenfasern hineingelangt, muss man kennen, wie die nächste Umgebung der einzelnen Nervenfasern beschaffen ist. Deswegen mag indessen zuerst eine Darstellung von dem Bau und der Zusammensetzung der Nervenfasern selbst, wie wir sie gefunden haben, gegeben werden. Wir haben schon seit längerer Zeit Untersuchungen hierüber bei den verschiedenen Wirbelthierklassen angestellt, wollen aber vorzugsweise das Verhältniss beim Menschen schildern, um so mehr als die Mittheilungen, welche Ranvier in der letzten Zeit vom Bau der Nervenfasern gegeben, die Nerven des Menschen nicht berühren. In Zerzupfungspräparaten und diese am besten von durch Osmium erhärteten Nerven sieht man die myelinhaltigen Nervenfasern zunächst ausserhalb ihrer Myelinscheide von der Schwann'schen Scheide umgeben; diese, welche in der Regel sich dicht an das Myelin anschliesst, ja oft so dicht, dass es schwierig ist sie in weiten Strecken zu sehen, ist ein mehr oder weniger, dünnes durchsichtiges, nach Osmiumbehandlung schwach grauliches Häutchen, in welchem man keine Structur, keine Faserung oder dergleichen sehen kann. Wenn solche Osmiumpräparate mit Anilin gefärbt werden, nimmt die Schwann'sche Scheide gewöhnlich einen schwachen, röthlichen Ton an und tritt deswegen sehr deutlich hervor, sobald sie vom Myelin noch so wenig getrennt ist (Fig. 48c, 50). Hie und da (Fig. 48d, 50, 51, 52, 54) sieht man in ihr ovale, abgeplattete, in der Längenrichtung der Nervenfaser befindliche Kerne, welche nie an der Aussenseite der Scheide liegen, wie Ranvier in seiner vorigen Mittheilung behauptete, sondern viel mehr, wie er in der letzten[1]) angegeben

1) Diese letztere Mittheilung Ranvier's ist uns bis jetzt leider nur

hat, an ihrer Innenseite, indem sie gewöhnlich etwas in das Innere der Faser hineinragen und dort eine grössere oder kleinere Einbuchtung der Myelinscheide bilden. Sie liegen doch eigentlich in der Wand der Schwann'schen Scheide selbst, denn weder an der Aussen- noch an der Innenseite der Kerne sieht man die Contouren der Scheiden. Diese Kerne, welche oft eine ansehnliche Grösse haben, sind fast constant, wenn auch in etwas wechselnder Menge, von einer Art Protoplasmazone umgeben, die aus einer Ansammlung von Körnern besteht, welche theils ganz klein und dichtliegend, theils grösser und von einem eigenthümlichen, gelblichen Glanz sind. Diese körnige Ansammlung ist dicht an der Innenseite der Scheide, zwischen ihr und dem Myelin, gelagert; sie liegt um die erwähnten Kerne, besonders an deren Enden, und streckt sich von ihnen als eine längliche Scheibe in der Längenrichtung der Nervenfaser. Bisweilen kann diese körnige Scheibe eine bedeutende Länge haben (Fig. 51), und bisweilen geht sie fast rings um die Peripherie der Nervenfaser. Wir haben sie beim Menschen sowohl bei älteren als jüngeren Individuen sehr ausgeprägt gefunden; bei kleinen Kindern war sie gewöhnlich sehr reichlich. Wo diese, von ihrer Protoplasmazone umgebenen, von uns seit mehreren Jahren bekannten Kerne liegen, findet sich oft eine kleine Erweiterung der Schwann'schen Scheide. Ausserdem sieht man nicht selten in ihrer Nähe eine oder mehrere rundliche Kugeln zwischen dieser Scheide und der Myelinscheide liegen, welche Kugeln zufolge ihrer Dunkelfärbung durch Osmiumsäure wahrscheinlich als freie Myelinkugeln anzusehen sind; sie können auch weiter entfernt von den Kernen liegen. Wenn man den Abstand zwischen diesen von Protoplasma umgebenen Kernen misst, findet man, wie auch Ranvier angegeben hat, dass sie im Allgemeinen in gewissen, für Nervenfasern derselben Dicke ziemlich bestimmten Distanzen liegen (Fig. 54). Wir haben eine Menge solcher Messungen an den verschiedenen Nerven des Körpers gemacht, wollen aber die Mittheilung derselben, wie im Allgemeinen aller von uns genommenen Masse, erst in unserer grösseren Arbeit geben. Hier können wir doch erwähnen, dass wir, wie Ranvier, die Entfernungen an den breiteren Nervenfasern immer grösser, und um so kleiner, je schmaler diese sind, gefunden

---

durch die eben erschienenen Referate (im Centralblatt f d. Med. Wissensch.. und in den Schmidt'schen Jahrbüchern) bekannt.

haben. Die Entfernungen der Kerne derselben Nervenfaser sind nicht immer ganz gleich; doch ist der Unterschied nicht gross.

In den Zwischenräumen zwischen den Kernen befinden sich die von Ranvier in der letzten Zeit beschriebenen Einschnürungen (Fig. 57—61). Von diesen interessanten Bildungen giebt es an den Nervenfasern constant eine in jedem solchen Zwischenraum, gewöhnlich auf gleicher, bisweilen aber in etwas ungleicher Entfernung von den Kernen. Diese Einschnürungen, welche hauptsächlich der Schwann'schen Scheide angehören, sind indessen von etwas wechselnder Beschaffenheit. An der Schwann'schen Scheide findet sich in der Regel eine grössere oder kleinere Erweiterung beiderseits von der Einschnürung; die letztere bildet zwischen diesen etwas erweiterten Partien eine bald stärkere, bald schwächere Verengerung, welche die ganze Peripherie der Scheide einbegreift. Oft sieht man an dieser Verengerung keine Verdickung oder andere derartige Bildung der Scheide (Fig. 61), sondern sie hat dort dieselbe Dicke wie an beiden Seiten davon. Oft, und dies scheint das gewöhnlichste Verhältniss zu sein, findet sich dagegen eben an der Einschnürungsstelle selbst in der Scheide eine kleine, ringförmige Verdickung (Fig. 57—59), welche im optischen Querschnitt als ein kleiner, dreieckiger, etwas glänzender Fortsatz mit der Spitze nach der Achse der Nervenfaser erscheint; bisweilen sieht man am optischen Querschnitt eine solche Verdickung nur an der einen Seite der Scheide. Die Myelinscheide hört gewöhnlich dicht bei oder in der Nähe dieser Einschnürungen auf, indem sie sich gewissermassen um den Axencylinder zuspitzt, welcher seinerseits das Lumen der Einschnürung in der Regel nicht erfüllt. Hie und da haben wir indessen die Myelinscheide sich continuirlich durch die Einschnürung fortsetzen gesehen, und dann findet sich an dieser Scheide nur eine grössere oder kleinere Verengerung (Fig. 61). Zuweilen sind interessanter Weise sogar solche Einschnürungen der Schwann'schen sowohl als der Myelinscheide so unbedeutend und so wenig markirt, dass man sie nur mittelst der Berechnung ihrer Lage mitten zwischen zwei Kernen finden kann. Wir nennen diese die unvollständigen Einschnürungen. Mit dem Silberreagenz färben sich die Einschnürungsstellen als braune Ringe; der Achsencylinder wird auch in der Nähe oft etwas gefärbt. Um die Aussenseite der Einschnürungen haben wir gewöhnlich eine feinkörnige, protoplasmatische Ansammlung gefunden (Fig. 57—59), durch welche die Einschnü-

rungsstelle erfüllt und mit Anilin röthlich gefärbt wird, aber in dieser körnigen Partie haben wir keinen Kern oder andere derartige Bildung wahrgenommen. Betreffs der histologischen Bedeutung dieser Einschnürungen ist es deutlich, dass sie den Grenzen zwischen den tubulären Zellen (Häutchenzellen) entsprechen, aus welchen die Schwann'sche Scheide zusammengesetzt ist, und deren Kerne die von einer körnigen Protoplasmazone umgebenen Kerne sind, welche immer nur je einer, in der Mitte zwischen den Einschnürungen liegen. Davon überzeugt man sich auch leicht durch Untersuchung der Nerven von Embryonen.

Diese hier gegebene Schilderung vom Bau der Nervenfaser gilt für alle mit Myelinscheide versehenen Fasern, sei es dass diese Fasern breiter oder schmaler sind. Wie bekannt haben sie nämlich eine sehr verschiedene Breite, und dies in vielen Gradationen. Die breiteren und die schmaleren Fasern kommen in den meisten Nervenbündeln auf einander vermischt vor; bald sind die breiteren überwiegend, bald die schmaleren. Die Kerne der schmaleren mit Myelinscheide versehenen Fasern liegen, wie oben erwähnt wurde, in kürzerer Entfernung von einander und haben gewöhnlich eine geringere, nicht selten keine protoplasmatische Umgebung, woneben die Einschnürungen dieser Fasern oft nicht so stark ausgeprägt, und im Allgemeinen ihre Schwann'sche Scheiden schwer wahrzunehmen sind. Auf die Zusammensetzung der Myelinscheide und des Achsencylinders werden wir hier nicht eingehen; wir wollen nur erwähnen, dass wir zunächst um isolirte Achsencylinder bisweilen eine körnige, scheidenförmige Bildung sahen, die mit Myelin nicht übereinzustimmen schien, und dass wir am optischen Querschnitt der Cylinder eine Menge dichtstehender feiner Punkte, welche das Aussehen von feinen optischen Faserdurchschnitten hatten, wahrgenommen haben (s. weiter unten bei den Pacini'schen Körpern). Ausser diesen mit Myelinscheide versehenen Nervenfasern findet sich mehr oder weniger zahlreich in den Bündeln der verschiedenen Nervenstämme eine andere Art von Nervenfasern ohne Myelinscheide, welche man beim ersten Betrachten kaum als Nervenfasern erkennt. Sie bestehen nämlich aus äusserst schmalen, ungefähr cylindrischen gleich breiten, etwas glänzenden Fasern (Fig. 56), an welchen man eine Schwann'sche Scheide nicht deutlich wahrnehmen kann, obwohl eine solche aus mehreren Gründen unzweifelhaft vorhanden ist. In gewissen Entfernungen besitzen auch diese Nervenfasern die läng-

lichen Kerne, vermissen aber in der Regel die protoplasmatische Umgebung um dieselben. Einschnürung konnten wir an diesen Fasern nicht finden. Uebrigens sind auch die fraglichen Fasern von etwas, wenn auch nur wenig verschiedener Dicke, und die schmalsten mit Myelinscheide versehenen Fasern bilden gewissermassen eine Art Uebergang zwischen ihnen und den breiteren myelinhaltigen Fasern. Die so eben geschilderten myelinfreien Fasern kommen, wie erwähnt wurde, nicht in allen Bündeln der peripherischen Nerven vor, und wo sie vorkommen, sind sie in verschiedener Anzahl vorhanden. Im Sympathicus und in feinen Zweigen bilden sie dagegen die überwiegende Zahl. Es ist daher im höchsten Grade wahrscheinlich, dass sie alle eigentlich den sympathischen Nerven angehören und von ihnen herrühren. Wir müssen, wie erwähnt, uns hier auf diese kurzgefasste Schilderung der Nervenfasern des Menschen beschränken. Den Bericht über die von uns bei verschiedenen anderen Repräsentanten der Wirbelthiere ausgeführten Untersuchungen geben wir in unserer grösseren Arbeit. Wir wollen hier nur erwähnen, dass ziemlich gleichartige Verhältnisse bei allen von uns untersuchten Thieren vorhanden sind. Die Entfernung zwischen den Einschnürungen wechselt indessen nicht nur nach der Breite der Nervenfasern bei derselben Thierart, sondern Verschiedenheiten sind in den verschiedenen Thierklassen vorhanden; so ist z. B. diese Entfernung viel grösser bei den Batrachiern. Auch die Beschaffenheit der Einschnürungen wechselt etwas bei den verschiedenen Klassen. So z. B. kommt beim Frosch (Fig. 63) oft ein recht dicker, glänzender scheiben- oder discusförmiger Ring in der Mitte der Einschnürung an der Innenseite der Schwann'schen Scheide vor; diese Scheibe unterscheidet sich nicht wenig von der ringförmigen Verdickung der Schwann'schen Scheide beim Menschen. Oft findet sich, jedoch beim Frosch keine solche Scheibe und keine Verdickung der Schwann'schen Scheide (Fig. 64); zuweilen sieht man hier nur eine feine quere Linie (Fig. 62), zuweilen sogar nicht einmal eine solche. Die Myelinscheide geht gewöhnlich dütenförmig verengt bis weit in die Einschnürung hinein, und sie hängt nicht selten mit der entsprechenden Scheide der anderen Seite zusammen, so dass dann keine Unterbrechung an derselben vorhanden ist (Fig. 64b). Bisweilen sind die Einschnürungen auch beim Frosch nur schwach angedeutet. Uebrigens finden sich im Allgemeinen auch bei diesem Thier Einschnürungen an allen den

myelinhaltigen Fasern, und mitten zwischen ihnen liegt constant ein Kern, welcher doch gewöhnlich keine oder eine sehr geringe protoplasmatische Umgebung hat. An den schmalen, der Myelinscheide ermangelnden Nervenfasern fanden wir auch hier keine Einschnürungen, wohl aber Kerne in gewissen Entfernungen von einander. Ehe wir diese Schilderung verlassen, wollen wir doch erwähnen, dass wir auch schon seit längerer Zeit am Frosch die Verhältnisse bei der Theilung der myelinhaltigen Nervenfasern untersucht haben. Eine solche Theilung haben wir an verschiedenen Stellen des Körpers beobachtet, wie in der Nasenschleimhaut, im Peritoneum u. s. w., vorzugsweise aber haben wir dieselbe in den Muskelnerven verfolgt. Sie kommt sowohl in den eigentlichen Bündeln, wo mehrere Fasern in ihrer Perineuralscheide beisammenliegen vor, als auch, und dies vorzugsweise in den feinsten Zweigen, an Nerven, die nur aus einem Paar oder einer einzigen Faser bestehen. Diese Theilung geschieht bald in zwei, bald in drei Fasern, und sie wird oft in ganz kurzen Zwischenräumen wiederholt (Fig. 55). An den Theilungsstellen (a, b) findet sich constant eine Einschnürung und die Myelinscheide zeigt hier eine Unterbrechung. Zwischen den Theilungs-(Einschnürungs-)stellen liegt immer in der Schwann'schen Scheide ein Kern (c), aber dieser befindet sich oft etwas näher der einen Einschnürung.

Nach dieser Darstellung vom Bau der Nervenfasern mit besonderer Hinsicht auf die Schwann'sche Scheide wollen wir versuchen die Umgebung der Fasern und ihr Verhältniss zu einander zu schildern. Ausserhalb der Schwann'schen Scheide, welche mehr speciell der Nervenfaser selbst angehört, mit deren Genesis sie ohne Zweifel im nächsten Zusammenhang steht, findet man in den Zerzupfungspräparaten mehr oder weniger zahlreiche, feine Bindegewebsfibrillen, welche der Nervenfaser parallel, bald mehr dicht an ihr, bald in einiger Entfernung verlaufen. Diese Fibrillen liegen oft in Unordnung; wir haben aber gefunden, dass dies von der Präparation herrührt, und dass sie im normalen Zustand und, wie man sie auch an gelungenen Präparaten sehen kann, regelmässig um die Nervenfaser dicht bei einander geordnet sind, wobei sie ein zusammenhängendes Häutchen bilden, in welchem die von den Fibrillen herrührende Streifung mehr oder weniger, zuweilen ganz schwach hervortritt (Fig. 48e, 49, 57, 58, 60, 61). Sie bilden also eine äussere Scheide oder vielmehr sie gehören einer solchen an, welche wie

ein verhältnissmässig weiter Tubus oder ein Rohr die einzelne Nervenfaser umgiebt. Aber diese Fibrillenscheiden sind nicht selbstständige Bildungen, sondern sie sind, wie die anderen oben beschriebenen Fibrillenhäutchen, immer mit Häutchenzellen bekleidet. An der Aussenseite der Fibrillenscheide findet man nämlich, wie die Fig. 48 f, g; 49, 60, 61 wiedergeben, Kerne von dem oben so oft geschilderten Aussehen, gewöhnlich von einer kleinen protoplasmatischen Zone umgeben, welche sich, wie anderwärts geschildert wurde, in dieselbe dünne Häutchenbildung ausbreitet. Besonders oft sieht man Kerne mit kleineren Fetzen dieser Häutchenbildung von der Aussenseite der Fibrillenscheide sich ablösen (Fig. 48 g, 53). Finden sich nun solche Häutchenzellen auch an der Innenseite der Fibrillen? Wir haben uns sehr bemüht, in dieser Hinsicht ganz ins Reine zu kommen, wollen aber davon nicht mehr sagen, als dass wir auch an der Innenseite der Fibrillenscheide, wie wir sie zu benennen vorschlagen, nicht selten Kerne mit protoplasmatischer Umgebung und Häutchenausbreitung gefunden haben. Wir müssen aber bemerken, dass man sie hier weniger oft deutlich sieht und wir waren daher sehr zweifelhaft in diesem Punkt. In den Fällen, wo sie hervortraten, schienen uns doch die Bilder überzeugend zu sein.

Wenn man jetzt einen Querschnitt, der nicht mit Holzessig oder Essigsäure behandelt wurde, betrachtet, so sieht man die geschilderten Fibrillenscheiden ausserhalb der Schwann'schen Scheide die quergeschnittenen Nervenfasern umkränzen, und an ihnen liegen die Kerne ihrer Zellenhäutchen (Fig. 41, 47). Die Fibrillenscheiden stehen wohl im Allgemeinen dicht bei einander, lassen aber mehrmals zwischen sich kleine Lücken (Fig. 49). Ihre Fasern treten bei geringeren Vergrösserungen als Körner in den Querschnitten hervor, aber bei stärkeren Vergrösserungen sieht man mehr oder weniger deutlich die von diesen scheinbaren Körnern abgehenden Fasern, sobald sie noch so wenig schief liegen (Fig. 47). In den Querschnitten werden die Fibrillenscheiden wie in den Zerzupfungspräparaten leicht in Unordnung gebracht, die äusserst feinen Scheiden zerspringen, die Fasern werden isolirt und hierdurch entsteht eine Menge von Bildern, die nicht natürlich sind. Ein Verhältniss, welches wir in mancher Weise als richtig und nicht selten vorkommend gefunden haben, ist das, dass zwei oder drei, ja bisweilen mehrere Nervenfasern in einer gemeinsamen Fibrillenscheide einge-

schlossen liegen. Wenn man Essigsäure an frischen Präparaten einwirken lässt, oder noch schöner, wenn man die Nerven in Holzessig erhärtet, schwellen die Fibrillen der Fibrillenscheiden höchst bedeutend, wie gewöhnliche Bindegewebsfibrillen, an; sie fliessen in jeder Fibrillenscheide zu einer homogenen Masse zusammen, in welcher die Nervenfaser mit ihrer Schwann'schen Scheide wie eingegossen liegt; durch solche Bilder könnte man dahin missgeleitet werden zu glauben, dass das Endoneurium zwischen den Nervenfasern compact sei. Färbt man solche Präparate mit Anilin, so erhält man sehr schöne und sehr instructive Bilder (Fig. 44). Zwischen den angeschwollenen Scheiden sieht man schwach anilingefärbte Linien, welche sich hie und da öffnen, zwischen sich kleine Spalten und deutliche Kerne zeigend. Diese Linien werden von den an einander gepressten Flächen der Fibrillenscheiden mit ihren Häutchenzellen gebildet. An der Fläche des Nervenbündels, dem Perineurium zunächst liegt ein ähnliches Fibrillenhäutchen (Fig. 43c). Im Inneren des Bündels weichen die häutchenähnlichen Fortsetzungen des Perineurium, oder die Endoneuralhäutchen, wie wir dieselben, wenn sie ins Innere des Nerven gehen, nennen, zwischen die Nervenfasern hinein und die Fibrillenscheiden sind eine Fortsetzung derselben.

Eine Injectionsflüssigkeit, die vom Perineurium aus (Fig. 36, 37) zwischen die Endoneuralhäutchen ins Innere des Nerven geht, breitet sich auf diesen Wegen hie und da weiter in die Zwischenräume der Fibrillenscheiden der einzelnen Nervenfasern aus; sie bleibt aber nicht hier, sondern man findet sie auch im Innern dieser Fibrillenscheiden, die Schwann'sche Scheide unmittelbar umspülend, und wir müssen daher annehmen, dass die Fibrillenscheiden nicht überall geschlossen sind. Nie dringt die Injectionsflüssigkeit in die Schwann'sche Scheide hinein. Es scheint im höchsten Grade wahrscheinlich, dass diese Bahnen die wirklichen Lymphbahnen der Nerven sind und die Nervenfasern liegen dann, jede ausserhalb ihrer Schwann'schen Scheide von der Lymphe umspült, oder wie in derselben schwimmend, in einer unvollständig geschlossenen Fibrillenscheide. Von hier aus hat die Lymphe offene Bahnen nach den Perineuralscheidenräumen und mittelst dieser bis zu den Lymphräumen des centralen Nervensystems. Dieses sehr schöne Lymphsystem ist im ganzen peripherischen Nervensystem, so weit wir finden konnten, von dem gewöhnlichen Lymphsystem des Körpers ganz abgeschlossen, obwohl

es in den Ganglien den netzförmigen Bau desselben annimmt. Nie sahen wir die Masse bei einer gelungenen Injection in den Nerven in Lymphgefässe der Umgebung des Nerven übergehen; nur wenn Extravasat gebildet wurde, haben wir bei unseren unzähligen Injectionsversuchen einige Mal einen kleinen feinen Lymphstamm in dem umgebenden Gewebe sich füllen sehen.

Ehe wir die Injectionen weiter besprechen, wollen wir einen Blick auf das Bindegewebe werfen, das die verschiedenen Nervenbündel zusammenhält, aus welchen ein Nervenstamm zusammengesetzt ist, d. h. das Gewebe, welches wir Epineurium nennen. Wir konnten zwar dasselbe mit der Erklärung abfertigen, dass es gewöhnliches Bindegewebe ist, es hat uns aber schöne Beiträge zur Kenntniss vom Bau des Bindegewebes im Allgemeinen geliefert und seine feineren Structurverhältnisse müssen auch bei der Frage vom Bau der Nerven in Betracht genommen werden. Unmittelbar ausserhalb des Perineurium jedes Nervenbündels (Fig. 24, 25, 26, 42, 45) findet man concentrisch angeordnete, fibrilläre Bindegewebshäutchen, welche nach Einwirkung von Essigsäure höchst bedeutend angeschwollen und verändert werden, so dass sie zwar die unrichtigste Vorstellung von ihrem wirklichen Bau, wohl aber mehrere werthvolle Aufklärungen in einzelnen Fragen, besonders nach Erhärtung in Holzessig (Fig. 45), geben können. Wenn wir aber dieselben nach Osmiumsäureerhärtung oder in ganz frischem Zustand untersuchen, so sehen wir sie ganz dünn, und wir finden Häutchen, welche grösstentheils aus längslaufenden, fibrillären Fasern bestehen (Fig. 15). Jederseits sind sie von einer Häutchenzellenschicht überzogen, welche in allen wesentlichen Theilen eine solche ist, die wir so oft geschildert haben. Unter dieser Flächenschicht, zwischen ihr und den Fibrillen, sieht man sparsamer oder reichlicher feine elastische Fasern. Nicht selten findet man um die Kerne eine sehr reiche Protoplasmaansammlung, bisweilen in langer spindelförmiger Ausdehnung, sich zwischen den Fibrillen hineinsenken. Diese Häutchen unterscheiden sich also von den Perineuralhäutchen hauptsächlich durch ihren weit grösseren Reichthum an fibrillären Fasern in der Mittelschicht und durch den im Allgemeinen grösseren Reichthum an elastischen Fasern. Sie verbinden sich mit einander, können aber oft schichtenweise vom Nervenbündel abgerollt werden. Auf dieselbe Weise ist die äussere, alle Nervenbündel umschliessende, festere Begrenzung des ganzen Nerven gebaut. Die Zwischenräume

sind von Fettgewebe erfüllt, auf dessen feineren Bau wir hier nicht eingehen wollen und dem wir bis jetzt Detailstudien nicht gewidmet haben und ferner von einem lockeren Bindegewebe, in welchem man gewöhnlich in den Präparaten feine Balken und elastische Netze findet; diese gehören aber auch, wenigstens zum allergrössten Theil, ähnlichen, sehr leicht und durch die Präparation gewöhnlich zersprengten Häutchen. Wenn man die fibrillären Häutchen aus der Nähe des Perineuriums nach Behandlung mit Essigsäure oder Erhärtung in Holzessig untersucht, zeigen sie sich wie Fig. 45 sie wiedergiebt. Wirft man einen flüchtigen Blick auf diese Zeichnung, so wird man die alten wohlbekannten Bilder der Bindegewebskörper wieder zu finden meinen und es sind auch ähnliche Bilder, welche ihnen zum Theil als Modelle gedient haben; wie verschieden ist aber das Bild, wenn man es näher untersucht. Wo die Häutchen an einander gepresst liegen, sieht man nach Anilinfärbung rothe Linien, an welchen oft Kerne hervortreten. Diese Linien sind aus zwei Flächenhäutchen gebildet. Oft sieht man diese sich von einander trennen mit zwischenliegenden Spalten, und jeder Kern zeigt sich dann der einen oder anderen Fläche angehörend. Nicht selten findet man die Kerne, wie Fig. 15b wiedergiebt, mit angehörenden Häutchen in grösserer oder geringerer Ausdehnung sich ablösen. Mit dem Mikroskop kann man bei Veränderung des Focus die Häutchenausbreitung von den Kernen aus verfolgen. Durch Faltung der Häutchen, durch Berstungen u. dgl. entsteht oft eine Menge falscher Bilder, auf welche wir hier nicht eingehen wollen. Ein interessantes Verhalten, welches man an mehreren Stellen der Fig. 45 findet, ist dass zwischen die Flächenhäutchen oft Verbindungen gehen, theils häutchenartige, theils gröbere, welche den Flächenhäutchen selbst ähneln; bisweilen sind sie röhrenförmig, wie bei b. Von besonderem Interesse ist das Verhalten der Gefässe, welches an derselben Figur, ebenso bei b, zu sehen ist. Das Gefäss durchbohrt nämlich die Häutchen in einem solchen Canale, welcher mit einer Fortsetzung der cellulären Flächenschichten bekleidet ist, — ein Verhältniss, welches nach Allem was wir gesehen haben, allgemein zu sein scheint, und welches wir glauben ausser an anderen Stellen auch in der Pia gefunden zu haben, wo die Gefässe in derselben Weise die Häutchen direct durchbohren. Uebrigens findet man die Adventitia der feineren Blutgefässe auch hier, wenn sie in oder zwischen solchen Häutchen verlaufen, aus einer oder

mehreren concentrischen Scheiden bestehen, die von mehr oder weniger fibrillären, mit Häutchenzellen bekleideten Häutchen gebildet sind[1]).

1) In Zusammenhang mit diesen unseren Untersuchungen über den Bau der Arachnoidea, des Subarachnoidalgewebes, der Pia mater und der Dura mater, sowie auch über das Epineurium, Perineurium und Endoneurium der peripherischen Nerven und Ganglien und über die Bindegewebshäutchen der Pacinischen Körper, haben wir auch des Vergleiches wegen den Bau und die Zusammensetzung des Bindegewebes in verschiedenen anderen Theilen des Körpers studirt, und dies vorzugsweise im Unterhautzellgewebe, in den Fascien und den Sehnen. Obwohl es unsere Absicht war, über diese Untersuchungen hier zu berichten, müssen wir doch dies Mal davon abstehen, weil eine solche Darstellung der so wichtigen Bindegewebsfrage in ihrem ganzen Umfang eine Historik und eine Prüfung der Angaben anderer Verfasser nothwendig erfordern würde; dies würde indessen hier einen zu bedeutenden Raum einnehmen und der Schilderung des Baues und der serösen Räume der Nerven, was hier unsere eigentliche Aufgabe ist, gar zu viel Abbruch thun. Wir haben deswegen an dieser Stelle, ausser dem, was das Rückenmark- und das Nervenbindegewebe für die Lösung der Bindegewebsfrage selbst dargeboten haben, uns einige Bruchstücke unserer Abbildungen vom Unterhautzellgewebe und den subcutanen Fascien des Menschen (Fig. 16, 17, 18) mitzutheilen beschränkt, und wir wollen hierbei nur betonen, dass man in diesen Bildern ganz dasselbe Gewebe, dieselben mehr oder weniger fibrillären, mit Häutchenzellen bekleideten Häutchenausbreitungen wiederfindet, die wir oben aus dem Subarachnoidalgewebe, dem Epineurium u. s. w. beschrieben haben. Solche Häutchenausbreitungen machen einen äusserst wesentlichen Theil des subcutanen Bindegewebes aus, sie bilden die Fascien, sie umhüllen die Sehnen und gehen in sie hinein u. s. w., und sie führen also eine weit grössere Rolle aus, als man ahnen könnte. Aber die Darstellung derselben in natürlichem, unbeschädigtem Zustand ist gewöhnlich mit grossen Schwierigkeiten verbunden; sie zerspringen äusserst leicht, und dann erhält man die Bilder der verworrenen, freien Bindegewebsfibrillen und der freien, mehr oder weniger zerrissenen Häutchenzellen, so wie der fast unerkennbaren Zellenhäutchenreste, welche von anderen Verfassern (Ranvier, Flemming) in der letzten Zeit aus dem Unterhautzellgewebe abgebildet und beschrieben sind. Auch über unsere Untersuchungen der betreffs der Bindegewebsfrage nicht unwichtigen Achillessehne des Frosches werden wir an anderem Ort berichten. — Hier mag erwähnt werden, dass wir im Perichorioidalgewebe des Auges ein Gewebe gefunden haben, welches dem Perineurium sehr ähnlich ist; hier findet sich auch nicht nur ein einziger endothelbekleideter Perichorioidalraum, wie Schwalbe angegeben hat, sondern zwischen den

Nachdem wir also den Bau der gröberen Nerven in seinen wichtigsten Theilen kennen gelernt haben, wollen wir noch etwas über die Injectionen selbst berichten. Um eine gelungene Injection zu erhalten ist es eigentlich nothwendig, dass man die Canülspitze in das Innere des Nervenbündels einführt. Die Masse geht dann zuerst durch die inneren Lymphbahnen des Endoneurium in die Perineuralscheiden hinaus und verläuft hier oft mit wunderbarer Leichtigkeit, besonders bei den Kaninchen. Sie kann in weiten Strecken in dem Perineurium desselben Nervenbündels weiter fliessen, verbreitet sich aber gewöhnlich durch Anastomosen und Verbindungen zwischen den Scheiden angrenzender Nervenbündel zu mehreren oder wenigeren der anderen Bündel desselben Nervenstammes. Klemmt man nicht den Nerven in entgegengesetzter Richtung zu der, in welcher man injicirt, ab, so geht die Injection leicht recurrent, läuft in Seitenzweige über, oder breitet sich im Nervenplexus aus, wenn man in einem solchen oder in dessen Nähe injicirt. Auf diese Weise kann man sehr feine Zweige injiciren, in den allerfeinsten aber tritt leicht Extravasat ein. Doch haben wir in den Muskeln ein solches Perineurium injicirt, welches nur eine oder einige Nervenfasern einschliesst. In Fig. 38 geben wir eine Abbildung der peripherischen Injection eines Nerven, der aus nur wenigen Nervenfasern gebildet ist. Führt man bei der Injection nicht die Canülspitze in das Nervenbündel ein, sondern lässt sie im Epineurium bleiben, läuft die Injectionsmasse nicht weiter. Der Nerv schwillt an und Berstung entsteht, wenn die Injection forcirt wird. Es würde uns gar zu weit führen, wenn wir hier auf eine nähere Schilderung des Verhaltens des Peri- und Endoneurium an den feinsten Zweigen und in den Nervenendigungen eingehen würden. In dieser Abhandlung wollen wir nur bemerken, dass das Perineurium die Nerven als Scheiden in ihre feinsten Verzweigungen hinein begleitet. Es kann hier zu einem Paar oder, wie es scheint, zu einem einzigen Häutchen reducirt sein. Die Nervenfasern können innerhalb derselben ihre Fibrillenscheiden beibehalten oder auch verloren haben. Fig. 55, 65 zeigen solche Verhältnisse, wo Nervenfasern ohne Fibrillenscheide in einem dünnen Perineurium

übrigen Häutchen dieses Gewebes können ähnliche Räume injicirt werden; auch beim Menschen ist es uns in Uebereinstimmung hiermit gelungen, an demselben eine mehrschichtige Endothelzellenzeichnung mit dem Silberreagenz darzustellen.

liegen. Wir haben gesehen, wie die längsgehenden Fibrillen der Fibrillenscheide aufhörten, und diese ein fast homogenes, demjenigen der Perineuralhäutchen ähnliches Aussehen angenommen hat. Diese letzteren wurden oft, ja gewöhnlich, um die feineren peripherischen Nerven mehr homogen, d. h. mehr rein aus Häutchenzellen mit geringerer Faserdifferenzirung gebildet; man findet aber doch an ihnen nicht selten bis an das Ende des Nerven mehr oder weniger Faserbildung und hie und da gröbere Balken, welche in gewissen Entfernungen circulär auftreten. Auch trifft man hie und da circuläre, elastische Faserverdickungen, welche an ihnen kleine Einschnürungen bilden — Alles Variationen und Details, welche wir hier nur andeuten wollen. Um indessen ein Beispiel des Verhaltens des Perineurium und Endoneurium an einem nervösen Endorgan zu geben, wollen wir hier unten die für diese und andere Fragen so interessanten Pacini'schen Körper mehr detaillirt beschreiben. Zuerst wollen wir jedoch die Lymphbahnen des sympathischen Nervensystems, vorzugsweise beim Menschen, in Kürze schildern.

Durch die Rami communicantes haben wir, sowohl mittelst Stichinjection als mit Injection von den serösen Räumen des Rückenmarks aus, den sympathischen Nerven und seine Ganglien injicirt, wonebeu wir bei Stichinjection in den Sympathicus selbst die Rami communicantes und die spinalen Nervenwurzeln injicirt haben. Dies ist auch auf Grund des Verhaltens des Perineurium ganz natürlich. Sowohl die Rami communicantes als der Stamm und die übrigen Zweige des Sympathicus, wie auch seine Ganglien, sind nämlich immer von einem gewöhnlichen, mehrschichtigen Perineurium umgeben, welches mit dem der spinalen Nerven zusammenhängt und eine Fortsetzung desselben bildet. Was zuerst den Stamm und die Zweige des Sympathicus betrifft, so ist dieses Perineurium auswendig von einem gewöhnlichen Epineurium umgeben und nach Innen sendet es endoneurale Fortsetzungen. Die Perineuralräume können von der Injectionsflüssigkeit ausgespannt werden, und sie ähneln dann fast den subarachnoidalen Räumen (Fig. 27); aus ihnen geht die Flüssigkeit in die endoneuralen Fortsetzungen, wie gewöhnlich, ins Innere der Nerven hinein und breitet sich dort um die Nervenfasern aus, zwischen den Häutchenausbreitungen des Endoneurium verlaufend. Die Nervenfasern des Sympathicus sind nur zu einem geringen Theil breite, myelinhaltige Fasern, der grösste Theil aber wird aus schmaleren, myelinhaltigen, und die eigentliche Haupt-

masse aus sehr feinen, myelinfreien Fasern gebildet, von der Beschaffenheit, welche schon oben für die anderen peripherischen Nerven geschildert ist (Fig. 56), warum wir betreffs des Baues (der Scheiden, der Kerne, der Einschnürungen u. s. w.), sowohl der myelinfreien als der myelinhaltigen Fasern, auf diese Schilderung hinweisen können. Die Fasern sind, wie gewöhnlich, in kleinen Abtheilungen oder Gruppen angeordnet und sind von deutlichen, endoneuralen, mit Häutchenzellen bekleideten Fibrillenhäutchen umgeben. In den Ganglien trennen sich diese Fasergruppen und lösen sich theilweise auf, um zwischen und in sich die Ganglienzellen aufzunehmen. Die Ganglien sind, wie eben angedeutet wurde, nach Aussen von einem oft fettreichen Epineurium von gewöhnlichem Bau umgeben, nach Innen von einem Perineurium, auch von gewöhnlichem Bau, welches sich direct von den ins Ganglion eingehenden Nerven fortsetzt und nach Behandlung mit dem Silberreagenz eine zusammenhängende mehrschichtige Häutchenzellenzeichnung (Fig. 46) zeigt. Die perineuralen Lamellen der Ganglien scheinen verhältnissmässig oft mit einander durch Häutchenbrücken und Balken zusammenzuhängen und sie bilden nach dem Innern des Ganglion zahlreiche, grössere und kleinere, endoneurale Fortsetzungen, mit welchen von concentrischen, mit Häutchenzellen bekleideten Adventitialscheiden umgebene Blutgefässe sich einsenken (Fig. 27 a). Oft sieht man die in den Sympathicus oder in die Ganglien eintretenden, gröberen Gefässe von einem nächst um dieselben, also zwischen ihnen und den perineuralen Fortsetzungen liegenden, mehr oder weniger fettreichen Gewebe des Perineurium begleitet. Die vom Perineurium kommenden endoneuralen Fortsetzungen verzweigen sich in einem reichlichen Netzwerk zwischen den Ganglienzellen. Diese letzteren, die Ganglienzellen, treten beim Menschen in verschiedener Grösse und in mehreren Formen auf, sind bald rundlich oder oval, bald birn-, bald spindelförmig und haben constant mehrere Ausläufer von verschiedener Dicke; diese Zellen sind von einer Kapsel umgeben, welche der der Spinalganglienzellen ähnelt, gewöhnlich aber doch nicht ein so protoplasmatisches Epithel, wie diese, besitzt, sondern dünnere, plattere, mehr endothelähnliche Zellen hat, deren etwas sparsamere Kerne zwar eine Protoplasmazone um sich zeigen. Diese Kapselzellen geben auch mit dem Silberreagenz eine Zellenzeichnung, obwohl diese gewöhnlich etwas undeutlich und unrein wird. Von der Ganglienzelle selbst, welche man hier wie in den Spinalganglien fast

nie ihre Kapselhöhle ausfüllen sieht, gehen hie und da feine, körnige, protoplasmatische Fäserchen zu den Kapselzellen und scheinen an ihnen zu endigen; diese Fäserchen mögen nicht als wirkliche Ausläufer der Ganglienzellen angesehen werden, sondern sie können durch eine etwaige Schrumpfung der Zelle gebildet sein. Die gewöhnlich recht zahlreichen, bald ganz feinen, bald aber ganz groben, eigentlichen Ausläufer der Ganglienzellen treten aus der Kapsel hinaus, aber ohne dieselbe zu durchbohren, weil sie von der Kapsel dünnwandige, ziemlich geräumige kanalförmige Scheiden erhalten, welche Fortsetzungen der Kapsel sind und ungefähr denselben Bau wie diese haben. Sowohl an Osmiumpräparaten, als noch mehr an Isolirungsbildern von Präparaten, die mit Müller'scher Lösung behandelt waren, ist es uns gelungen, diese Ausläufer in weiten Strecken zu verfolgen; sie verzweigen sich zu wiederholten Malen und werden endlich ganz feine, blasse Fasern, welche zwischen die Kapseln der angrenzenden Ganglienzellen verlaufen; wir haben nie beim Menschen einen dieser Ausläufer in eine myelinhaltige Nervenfaser übergehen sehen. Auf den übrigen Bau der Ganglienzellen mögen wir hier nicht weiter eingehen. Um die Ganglienzellenkapseln winden sich Blutgefässe mit ziemlich zahlreichen Maschen.

Mittelst Stichinjection ist es uns indessen, wie schon bei den spinalen Ganglien erwähnt wurde, gelungen, ein sehr reichliches lymphatisches Gefässsystem in den sympathischen Ganglien zu entdecken. Wenn man eine solche Injection in den mit den Ganglien zusammenhängenden Nervenzweigen macht, läuft die Flüssigkeit in den perineuralen und endoneuralen Scheidenräumen derselben ins Ganglion hinein, vertheilt sich dort mit den Nervenfaserbündeln in verschiedenen Richtungen in grössere und kleinere Kanäle und Spaltenräume und geht von den letzteren in ein sehr schönes, reichmaschiges Lymphgefässnetz über, welches mit seinen ampullären Maschen die Ganglienzellenkapseln umspinnt (Fig. 33, 34). In den Kapseln selbst findet man nie die Injectionsflüssigkeit, noch in den von ihnen abgehenden kanalförmigen Scheiden um die Ausläufer der Ganglienzellen. Es mag erwähnt werden, dass man zuweilen die Flüssigkeit in ähnlichen Maschen in die Nervenfaserbündel des Ganglion, ihre Fasern umspinnend, laufen sieht. Da, wie es oft geschieht, die Flüssigkeit bei der Stichinjection in einen Nervenzweig, dicht an seiner Vereinigung mit dem Ganglion, zuerst das ebenerwähnte Lymphgefässnetz um die Ganglienzellen erfüllt, fliesst

sie in entgegengesetzter Richtung immer aus diesem Netz in die gröberen Spaltenräume und Gänge (Fig. 33 b) zwischen die endoneuralen Fortsetzungen des Perineurium und aus diesen Räumen zu den Perineuralräumen selbst (Fig. 33 c), wo sie Anfangs bei geringerer Füllung gewöhnlich in Gängen sich ausbreitet, welche den bei Injection in den Subarachnoidalräumen des Gehirnes sich injicirenden Kanälen etwas ähnlich sind. Bei fortgesetzter Injection breitet sich die Flüssigkeit über die ganze Fläche des Ganglion in seinen Perineuralräumen aus und setzt sich dann in den Perineuralräumen der damit zusammenhängenden Nervenzweige fort. Zuweilen bleibt doch die Injection sowohl am Ganglion, als an seinen Nervenzweigen, nur in den Perineuralräumen, ohne sich ins Innere des Ganglion auszubreiten. Bei Stichinjection im Ganglion selbst, wenn also die Kanüle in sein eigenes Gewebe eingeführt wird, füllt sich auch fast immer und mit grosser Leichtigkeit dieses Lymphgefässnetz im Inneren der Ganglien und verläuft auf denselben Wegen, welche eben geschildert sind, in die Perineuralräume hinaus.

Wir haben in dieser Hinsicht sowohl die Hals- als die Brust- und Bauchganglien des Sympathicus des Menschen untersucht und stets übereinstimmende Verhältnisse gefunden.

Dieser Zusammenhang zwischen einem am deutlichsten maschigen, ampullären Lymphgefässnetz und den Perineuralräumen ist, wie schon oben betreffs der Lymphgefässe der Spinalganglien betont wurde, in jeder Beziehung von grossem Interesse und in hohem Grade für die Natur und die Bedeutung der Perineuralräume instructiv.

Hier mag auch erwähnt werden, dass wir nie bei unseren Injectionen im Sympathicus Lymphgefässe ausserhalb des Ganglion oder des Nerven sich füllen und nach den umgebenden Gewebstheilen abgehen sahen.

Wir haben auch Untersuchungen über die sympathischen Ganglien verschiedener Thiere ausgeführt und uns besonders bei denen der Batrachier (Frosch, Kröte) aufgehalten, deren Ganglienzellen in so mancher Hinsicht ein grosses Interesse darbieten. Hier würde es doch zu weitführen, näher darauf einzugehen; wir wollen nur erwähnen, dass wir an allen mit Spiralfasern versehenen Ganglienzellen diese constant in eine mit Myelinscheide versehene Nervenfaser übergehend gefunden haben — andere Spiralfasern aus Bindegewebe u. dgl., wie von den Verfassern geschildert wird, konnten wir nie wahr-

nehmen — welche Nervenfaser sogar oft, besonders bei der Kröte, diese ihre Myelinscheide bis an und auf die Ganglienzelle, zwischen den hier an ihrer Basis angesammelten Zellenkernen, behält, wogegen die gerade Nervenfaser so weit als wir sie verfolgen konnten (und dies ist uns in nicht unbedeutenden Strecken gelungen) fortwährend ihre blasse Beschaffenheit behält, d. h. keine Myelinscheide hat. Nie sahen wir die Spiralfaser an der Ganglienzelle in ein Fasernetz übergehen.

Wie oben angedeutet wurde, lag es in dem Plan unserer Untersuchungen, die peripherischen Nerven und ihre Nervenscheiden bis in die Endorgane hinaus zu verfolgen. Deswegen richteten wir unsere Aufmerksamkeit auf die Nervenendscheiben der querstreifigen Muskeln, auf die Corpuscula Tactus der Haut u. s. w. Hier wählen wir indessen zur Darstellung die Pacini'schen Körper als für den fraglichen Gegenstand am wichtigsten. Ungeachtet der sehr reichhaltigen Literatur über diese Körper giebt es doch noch in fast jedem Punkt ihrer Histologie die verschiedensten Meinungen. Wir können hier, wie oben, nur beiläufig und wo es nothwendig ist, die Angaben anderer Verfasser berühren, wie wir uns auch hier einschränken müssen, nur in einigen kurzen Zügen eine Darstellung vom Bau der Pacini'schen Körper, wie wir ihn gefunden haben, zu geben und nur einige wenige Bruchstücke von unseren darüber ausgeführten zahlreichen Abbildungen zu liefern. Wir haben vorzugsweise diese Organe beim Menschen untersucht, sowohl die der Hand als die des Fusses und meist in ganz frischem Zustande, wozu wir in eben amputirten Theilen ein sehr reichliches und gutes Material zur Verfügung hatten. Ferner studirten wir diese Körper bei der Katze, dem Kaninchen, dem Meerschweinchen und einigen Vogelarten. Wir haben sie theils ganz frisch in indifferenten Flüssigkeiten (wie in ihrer eigenen Kapselflüssigkeit, in Glaskörperflüssigkeit, auch in Hühnereiweiss u. s. w.), theils nach einer stärkeren oder schwächeren Behandlung mit Ueberosmiumsäure untersucht. Daneben wendeten wir verschiedene andere Methoden an, wie Behandlung mit Goldchlorid, mit dem Silberreagenz, mit Holzessig u. s. w.

Wenn man bei schwächerer Vergrösserung (z. B. Hartnacks Obj. 4 Ocul. 3) einen frischen Pacini'schen Körper betrachtet, sieht man darin die Anordnung der von den Verfassern geschilderten Kapseln als concentrische Linien; die äussersten Linien stehen ganz dicht, nach Innen davon findet sich eine breite Zone mehr von

einander getrennter Linien; in der Nähe der Achse des Pacinischen Körpers sind die Linien sehr dicht stehend; die Achse selbst wird von einem helleren Strang, dem Innenkolben, gebildet. Bei stärkerer Vergrösserung sieht man immer in der zwischen den Kapsellinien befindlichen, albuminhaltigen Flüssigkeit, ausser den hie und da und in sehr verschiedener Anzahl vorkommenden Wanderzellen, kleine Punkte, welche sich als optische Querschnitte feiner Fibrillen zeigen. Diese Punkte sind verschieden angeordnet; oft stehen sie an der äusseren Seite der Kapsellinien gesammelt, nicht selten auch an der inneren; bisweilen geht eine solche Sammlung von Punkten von der äusseren Seite einer Kapsellinie zur inneren der nächst nach aussen davon liegenden Linie über; zuweilen stehen sie aber längs der Mittellinie der zwischen den Linien befindlichen Räume angesammelt; oft sind sie doch auch ohne bestimmte Anordnung zwischen ihnen zerstreut. In den Kapsellinien finden sich zahlreiche ovale Kerne. Die Linien erscheinen oft wie einfach; nach Behandlung mit Osmiumsäure sieht man sie indessen sich der Länge nach in zwei spalten (Fig. 67, 70, 71). In den Spaltenräumen stehen keine Querschnitte von Fibrillen; dagegen finden sich die eben genannten Kerne im Innern dieser Spaltenräume, an den durch die Spaltung entstandenen, begrenzenden, äusseren und inneren Wandhäutchen liegend, und gewöhnlich nur mittelst einer äusserst dünnen, leicht abtrennbaren Häutchenausbreitung, welche im optischen Querschnitt als eine von den beiden Enden der Kerne ausgehende, feine Linie erscheint, mit einer dieser Wandhäutchen vereinigt. Dieses, den Kernen angehörende, dünne Zellenhäutchen bekleidet nämlich die Wände der Spaltenräume. Diesen Structurverhältnissen zufolge mag man nicht, wie von den Verfassern bisher geschehen ist, als Kapseln die oben erwähnten Kapsellinien betrachten; eine Kapsel ist nach unserer Auffassung der die albuminhaltige Flüssigkeit und die freien Fibrillen enthaltende Raum mit seinen beiderseits begrenzenden, mit Zellenhäutchen bekleideten Wänden, welche, wenn ihrer je zwei der angrenzenden Kapseln dicht beisammen liegen, im optischen Querschnitt als einfache Linien erscheinen können. Den die Flüssigkeit und die Fibrillen enthaltenden Raum selbst kann man einen Kapselraum oder Intrakapsularraum (den Interkapsularraum anderer Verfasser) nennen, wogegen die Räume zwischen den Kapseln Spaltenräume genannt werden können. Zwischen den Zellenhäutchen sieht man hie und da kleine, celluläre Quer-

brücken sich über die Intrakapsularräume von der einen Linie zur anderen spannen. Sie bilden indessen nicht weiter laufende, quere Scheidewände und sind bei weitem nicht in der grossen Anzahl vorhanden, wie Ciaccio beschrieben hat.

Wenn man die Begrenzungshäutchen der Kapseln lospräparirt und ausbreitet, findet man dass es sehr dünne Zellenhäutchen sind, welche quergehende feine Fasern enthalten; oft sieht man in ihnen auch steifere, verzweigte Fasern, welche den Charakter elastischer Elemente haben (Fig. 69). Die den Zellenhäutchen angehörigen, platten, ovalen Kerne liegen in verschiedenen Richtungen zerstreut; die Mehrzahl von ihnen ist jedoch transversal. Um sie herum findet sich gewöhnlich eine körnige, protoplasmatische Zone, welche oft in zackige Ausläufer ausschiesst. Zwischen diesen Protoplasmaansammlungen ist das Häutchen etwas körnig, und wir finden also, dass diese Häutchen den Flächenhäutchen ähneln, welche wir oben mehrmals beschrieben haben. Die Fibrillen der Intrakapsularräume bilden nicht immer eine zusammenhängende Lage, sondern lassen oft, besonders gegen den Gipfel der Pacini'schen Körper zwischen sich rundliche oder ovale Lücken (Fig. 68), über welche gewöhnlich die Zellenhäutchen selbst sich fortsetzen, indem sie von den beiden Flächen sich dicht beisammen legen, um wie zu einem Häutchen zusammen zu schmelzen. Dies ist sehr schön am optischen Querschnitt zu sehen.

An versilberten Pacini'schen Körpern sieht man die Zellenhäutchen aus schönen polygonalen Endothelzellenzeichnungen gebildet, deren Zellen den der Perineurallamellen ganz ähnlich, im Allgemeinen aber etwas grösser sind; zwischen zwei solchen Zellenzeichnungen findet man auch an Silberbildern die intrakapsulären Fibrillen.

Sowohl in den Zellenhäutchen der äusseren, als in denen der inneren Kapseln gehen mit einander anastomosirende Blutgefässe mit ziemlich sparsamen Schlingen; sie sind, wie gewöhnlich, wenigstens von einer adventitiellen Häutchenzellenbekleidung umgeben, welche sich an das Kapselhäutchen anschliesst, und deren Zellenkerne in der Längenrichtung des Gefässes liegen; die Gefässe zeigen sich am Querschnitt in die Kapselräume eingebogen.

Die Kapseln endigen nicht plötzlich am Stiel, wie viele Verfasser angegeben haben und zu welcher Annahme einige Bilder Anlass geben könnten, sondern sie setzen sich längs derselben fort, indem

sie in die Perineurallamellen übergehen (Fig. 67). Sie werden dabei indessen in der Art verändert, dass ihre Intrakapsularräume gewöhnlich schnell sich verschmälern und verschwinden, indem die ausspannende Flüssigkeit aufhört und die beiden begrenzenden Flächenzellenhäutchen sich mehr oder weniger dicht beisammen legen, nur zwischen sich quergehende, mehr oder weniger sparsame Fibrillen behaltend, welche hie und da bündelweise angeordnet sind, so dass die Flächenhäutchen an diesen Stellen mehr getrennt werden. Dieses Aufhören der Intrakapsularräume geschieht oft in einer bestimmten Linie, welche einen centralwärts offenen Conus (= Prolungamento conico des Stieles, Pacini) bildet. Die Spaltenräume aber gehen in die Perineuralräume über. Einige der Häutchen legen sich indessen bisweilen am Stiel an einander und schmelzen zusammen, so dass ihre Anzahl hierdurch schon am Anfang des Stieles etwas vermindert wird.

Es sind also die Perineuralhäutchen des Stieles, welche im Pacini'schen Körper unter modificirter Form die Kapseln bilden.

Im Stiele, welcher die directe Fortsetzung eines von einem Nervenstamm kommenden Endzweiges bildet, liegt von den Perineuralhäutchen umgeben und oft von ihnen durch einen merkbaren Zwischenraum getrennt, die Nervenfaser selbst; sie ist meistentheils nur einfach, bisweilen aber doppelt und ist von gewöhnlichem Bau, indem sie aus Schwann'scher Scheide mit den von Protoplasma umgebenen Kernen, Myelinscheide und Achsencylinder besteht, woneben sie von einer stark entwickelten Fibrillenscheide umgeben ist (Fig. 67 b, 71 a, b). Diese letztere, welche die Faser vom Nervenstamm an begleitet, hat gewöhnlich ein ziemlich stark glänzendes Aussehen, besteht aus etwas wellenförmigen, dicht zusammen liegenden Fibrillen, auswendig von einem Zellenhäutchen bekleidet, in welchem Kerne mit protoplasmatischer Umgebung vorhanden sind. Auch an der Innenseite des Fibrillenhäutchens sieht man bisweilen eine oder andere solche Häutchenzelle. Die Fibrillenscheide geht im Stiel keine Verbindung mit den Perineuralhäutchen, noch mit den Kapseln des Pacini'schen Körpers ein.

So von ihrer Fibrillenscheide umschlossen, geht die Nervenfaser durch den Stiel zum Innenkolben. Ein oder einige kleinere Blutgefässe begleiten sie dicht ausserhalb der Fibrillenscheide, oder in den nächsten Perineuralhäutchen gelegen. Der Innenkolben ist eine directe Fortsetzung der Fibrillenscheide selbst (Fig. 71 a b);

am Uebergang zu demselben verliert die Scheide ihren Glanz und ihre Fibrillirung, wird so zu sagen, mehr protoplasmatisch und erweitert sich ziemlich schnell. Dann behält der Innenkolben seine Breite und seine cylindrische Form bis gegen den Gipfel. Er zeigt hie und da eine Längsstreifung mit längsgehenden kleinen Spalten, wie auch eine concentrische Anordnung, aber keine weitere Fibrillirung, sondern ist schwach körnig. Nach aussen ist er von einem kernführenden Zellenhäutchen rings umgeben, welches oft ziemlich scharf im Verhältniss zu den nächsten, dünnen Kapselhäutchen hervortritt. Nach dem Gipfel zu, über die Nervenendigungen hinaus (Fig. 66) geht in der Regel eine Fortsetzung des Innenkolbens und diese Fortsetzung wird wieder ausgeprägt fibrillär und von einem mehr glänzenden Aussehen; von ihren Zellenhäutchen und den ausserhalb liegenden Kapseln umgeben, geht sie auf diese Weise eine Strecke fort, wonach sie als ein ligamentöser Strang (das von Pacini gesehene, von vielen Verfassern bestrittene Ligamentum intercapsulare) mehrere der Kapseln am Gipfel durchbohrt und, ehe sie dort die Oberfläche des Pacinischen Körpers erreicht, aufhört. Oft sendet aber die fibrilläre Verlängerung des Innenkolbens nur einen Theil ihrer Fibrillen auf diese Weise durch die Kapseln, während die übrigen eine Strecke in derselben Richtung, von welcher sie gekommen sind, sich zurückwenden und endlich im Innern ihrer Zellenscheide zugespitzt aufhören; bisweilen ist indessen kein eigentliches Ligamentum intercapsulare vorhanden, sondern die Innenkolbenverlängerung hört am Ende ihrer Zellenscheide auf, ohne die Kapseln zu durchbohren. Nicht nur durch das Ligament sind die Kapseln am Gipfel mit einander vereinigt, sondern auch, und dies öfter als sonst, durch Fasern und celluläre Ausbreitungen. Zuweilen senkt sich eine Blutgefässschlinge am Gipfel durch die Kapseln herab. Oft sieht man sowohl am Gipfel, als auch am Stiel, besonders am Anfang des Innenkolbens, ringförmige Einschnürungen, von circulären, elastischen Fasern herrührend, welche in den Kapselhäutchen verlaufen; diese Ringe sind vorzugsweise zu sehen, wenn die Kapseln eine Schwellung erlitten haben. Auf die Verschiedenheiten in der Form der Pacinischen Körper und des Innenkolbens lassen wir uns in diesem Aufsatz nicht ein.

Die Nervenfaser verliert gewöhnlich ganz plötzlich ihre Myelinscheide am oder bald nach ihrem Eintritt in den Innenkolben und verläuft dann als sogenannte Terminalfaser. Sie wird bald

nach dem Verlust der Myelinscheide schmaler, erweitert sich aber wieder etwas. Dann verläuft sie durch die Mitte des Innenkolbens gegen den Gipfel. Sie zeigt indessen mehrere Verschiedenheiten in ihrem Verhalten. Zuweilen behält sie die Myelinscheide bis zu den Endorganen. Zuweilen nimmt sie dieselbe nur während einer Strecke ihres Verlaufes wieder auf. Fast immer sieht man ein scheidenförmig um die Terminalfaser liegendes, beim Menschen gewöhnlich ganz dünnes, etwas glänzendes Häutchen mit unebenen Contouren, welches die Faser bis zu ihren Endorganen begleitet und durch Osmiumsäure etwas dunkel gefärbt wird. Die Terminalfaser selbst zeigt meistentheils eine mehr oder weniger ausgeprägte Fibrillirung; am Querschnitt, auch an dem optischem, ist sie nicht so bandförmig wie man sie gewöhnlich auffasst, sondernsie ist im Allgemeinen mehr rundlich oder oval und zeigt dann ein körniges Aussehen, welches ein Ausdruck ihrer fibrillären Zusammensetzung ist. Selten geht sie einfach bis zu ihren Endorganen, sondern sie theilt sich gewöhnlich dichotomisch in grössere Zweige, welche ihren Verlauf dicht bei einander nach dem Gipfel zu fortsetzen, der eine zuweilen spiralförmig um den anderen. Diese Zweige haben dasselbe Aussehen wie die ungetheilte Faser. Oft endigt ein oder ein Paar der Zweige schon am Anfang des Innenkolbens oder etwas weiter in demselben nach vorn, indem sie dort in ihre Endorgane übergehen. Die Zweige, besonders der Endzweig, biegen sich daneben oft um und wenden in derselben Richtung, woher sie gekommen sind, im Innern des Innenkolbens um, um also in den Endorganen zu endigen.

Daneben kommt indessen auch äusserst oft eine Art von feineren Zweigen der Terminalfaser vor. Diese, welche bald von grösserer, bald von kleinerer Anzahl sind, treten oft schon am Anfang des Innenkolbens auf, gehen aber auch während des ferneren Verlaufes der Terminalfaser ab; sie bestehen aus einem einzigen oder einem Paar sehr feiner, gleich breiter, glänzender Fibrillen, welche von einer ebenfalls glänzenden, in Osmiumsäure ziemlich dunkel sich färbenden, varicösen Scheide umschlossen sind. Sie gehen in verschiedenen Richtungen durch die Substanz des Innenkolbens, um auch mit Endorganen zu endigen (Fig. 66).

Auch mag erwähnt werden, dass die ganze Terminalfaser bisweilen schon am Anfang des Innenkolbens sich umbiegt, sich theilt und in Endorgane übergeht, wonach der Innenkolben schmal und

unter der Form der fibrillären Verlängerung seinen Verlauf gegen den Gipfel fortsetzt.

Wenn zwei oder drei Nervenfasern in einen Pacini'schen Körper eindringen, behält zuweilen eine oder zwei von ihnen ihre Myelinscheide weiter hinauf, sie verhalten sich aber sonst, wie es oben betreffs der einfachen Faser geschildert ist; sie bilden gern, besonders im Stiel, Spiraltouren um einander.

Die Endorgane selbst, die Endknospen (wie wir sie nennen wollen), in welchen die Terminalfaser und ihre Zweige endigen (Fig. 66), bestehen aus einer in frischem Zustand glänzenden, körnigen in Osmium sich mehr dunkel bräunlich färbenden Substanz, welche in verschiedenen Fällen einen verschiedenen Umfang und verschiedene Form zeigt. Gewöhnlich ist ihre Grösse ziemlich von der Dicke der Nervenzweige; doch ist dies keine absolute Regel; die eben beschriebenen feinsten varicösen Zweige haben doch gewöhnlich sehr kleine Endknospen. Die Form der Endknospen ist bald mehr rundlich knopfförmig, bald oval, bald birnförmig, bald einem Hutpilz, bald einer Typhaähre ähnlich u. s. w. Ihre Fläche ist oft etwas uneben, höckerig. Bald liegen sie gruppenweise dicht beisammen, bald mehr zerstreut. In diese körnige Masse sieht man die Terminalfaser sich einsenken, indem sie sich gewöhnlich deutlich in ihre glänzenden Fibrillen auflöst; diese biegen sich in der körnigen Masse in verschiedenen Richtungen von einander, treten aber hie und da dicht an der Fläche der Endknospe, auch an ihrem peripherischen Ende, mit starkem Glanz auf. In der körnigen Masse, besonders in den grösseren und mittelgrossen Endknospen, sieht man mehr oder weniger deutlich eine Eintheilung in rundliche, dicht zusammenliegende Partien, eine Art globuläre Anordnung, und es scheint, als ob die einzelnen Fibrillen der Terminalfaser in ihnen endigten. Bilder, die einigermassen den Kernen der Ganglienzellen ähneln, kann man nicht wahrnehmen.

Für die Auffassung vom Bau der Pacinischen Körper ist es von Wichtigkeit die Verhältnisse bei anderen Säugethieren und bei Vögeln zu vergleichen; wir können indessen des Raumes wegen hier nicht weiter darauf eingehen, verweisen aber auch in dieser Hinsicht auf unsere grössere Arbeit. So viel mögen wir aber hier erwähnen, dass obwohl in mancher Hinsicht grosse Uebereinstimmung vorhanden ist, man doch nicht ganz unbedingt die Schilderung der Verhältnisse bei den Thieren auf die des Menschen übertragen

darf. Besonders wollen wir betonen, dass während die Nervenendigungen sich im Allgemeinen ähnlich verhalten, die Fibrillenscheide und der Innenkolben dagegen variiren, und die Fibrillen der Kapseln in wechselnder Menge vorhanden sind.

Stockholm im August 1872.

Erklärung der Figuren.

Tafel XVI.

Fig. 1. Ein Stück der Arachnoidea spinalis vom Hund. Behandlung: Osmiumsäure, Anilin. a Subarachnoidalbalken, von einer feinen Zellenscheide mit zerstreuten Körnern und mit einer stärkeren Körneransammlung um die Kerne umgeben. Bei b häutchenähnliche Ausbreitung der Zellen zwischen den mit einander sich verflechtenden und Fasern austauschenden Balken. c die Arachnoidea selbst, von der Innenseite gesehen, aus einem Geflecht von fein fibrillären, mehrere Schichten bildenden Balken bestehend, welche reichlich mit einander sich vereinigen und Fasern austauschen; man sieht die Subarachnoidalbalken unmittelbar in dieses Balkennetz übergehen, und ihre Zellenscheide sich in die dünnen Häutchenzellen forsetzen, welche in den Lücken zwischen den Balken ausgespannt sind, diese zugleich bekleidend; nicht alle Lücken sind an der Innenfläche von Zellen bedeckt (s. bei d), tiefere Balkenschichten mit Zellenhäutchen erscheinen dann an ihrem Boden. Bei e ist das innerste Zellenhäutchen über einen Balken geborsten und hat sich nach den Seiten zurückgezogen. Hartnack. Imm. Obj. 9, Ocul. 3.

Fig. 2. Spinales Subarachnoidalhäutchen vom Menschen. Osmiumsäure. Anilin. Sie besteht aus einem ähnlichen Balkennetz wie die Arachnoidea selbst, aber in fast einfacher Schicht. Ein äusserst feines Zellenhäutchen überzieht die Balken an beiden Seiten und ist über die Lücken zwischen ihnen ausgespannt; die Anordnung der Kerne an beiden Seiten der Balken zeigt, dass die Zellenschicht doppelt ist. Bei a finden sich natürliche Löcher im Häutchen, dadurch entstanden, dass die Häutchenzellen sich hier nicht über die Lücken zwischen den Balken ausspannen. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 3. Spinales Subarachnoidalhäutchen von Menschen. Chromsäure, Alkohol, Anilin. Bei a ziemlich vollständige Häutchenbildung mit über die Lücken zwischen den Balken ausgespannten Zellen. Bei b Uebergang des Häutchens zum Balkennetz, mit den Zellen die Balken scheidenförmig umgebend. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 4. Spinaler Subarachnoidalbalken vom Hund. Osmiumsäure, Anilin.

Die Balken sind von ansehnlichen Zellenscheiden umgeben, welche bei ihrer Kreuzung sich in den Winkeln (a) häutchenähnlich ausbreiten; die Balken selbst sind fein fibrillär. Hartnack Imm. Obj. 10 Ocul. 3.

Fig. 5. Spinaler Subarachnoidalbalken vom Hund. Osmiumsäure, Anilin. Der fibrilläre Balken windet sich spiralförmig im Innern der räumlichen Zellenscheide. Vergr. wie in Fig. 4.

Fig. 6. Feiner, spinaler Subarachnoidalbalken mit seiner Zellenscheide. Vom Hunde. Osmiumsäure, Anilin. Vergr. wie in Fig. 4 und 5.

Fig. 7. Spinales subarachnoidales Balkenhäutchen vom Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Die Balken netzförmig verflochten, von Zellenscheiden umgeben, welche häutchenähnliche Ausbreitungen in den Knotenpunkten und Winkeln bilden: a ein darüber liegender, mit Zellen bekleideter Balken, welcher bei b durch einen Zweig sich mit dem übrigen Balkennetze vereinigt. Hartnack Obj. 7, Ocul. 2.

Fig. 8. Spinales, subarachnoidales Häutchen, welches ein Blutgefäss an der Innenseite der Arachnoidea festhielt. Vom Menschen; Müller'sche Lösung, Anilin. Das Häutchen ist von ziemlich dichtstehenden, rundlichen Löchern durchbrochen. Hartnack Obj. 4, Ocul 3.

Fig. 9. Pia mater spinalis vom Hund, äussere Seite. Goldchlorid, Anilin. Das Präparat ist bei scharfer Einstellung der äusseren Fläche gezeichnet, die von einem dünnen äusserst schwachkörnigen Häutchen mit zerstreuten Kernen überzogen ist, um welche eine schwache, strahlenförmig auslaufende, durch Goldchlorid und Anilin leicht gefärbte Zone erscheint. Dicht unter diesem Häutchen und, wie es scheint, mit ihm vereinigt, findet sich ein sparsames Netz elastischer Fasern (a). Unter dem Häutchen liegen ferner die längsgehenden Bindegewebsbalken (b); sie sind durch die Präparation angeschwollen, sind sonst von eigenen Zellen umgeben, welche an diesem Präparate sich doch nicht deutlich als Häutchenzellen erweisen, sonst aber als solche erscheinen. Zwischen die angeschwollenen Balken gehen Rinnen oder Zwischenräume, über welche das Flächenhäutchen sich ausspannt. Hartnack Imm. Obj. 9, Ocul. 3.

Fig. 10. Innerste Haut der Pia spinalis (Intima pia). Vom Hunde. Osmiumsäure, Anilin. Man sieht zu äusserst ein sehr feines Zellenhäutchen mit ziemlich starker Zone von Körnern in sehr dünner Schicht um die Kerne; unter diesem Häutchen sieht man ein feines elastisches Fasernetz. Bei a ist das Zellenhäutchen zum grössten Theil zerstört, das elastische Netz ist aber in natürlicher Lage geblieben. Bei b ist dieses ganze Zellenhäutchen mit dem unterliegenden, elastischen Netze weggefallen. Zunächst unter diesem Flächenhäutchen erscheinen Bündel von steifen, geraden, in der Pia quer gehenden, sich verzweigenden Balken, welche von feineren Fasern zusammengesetzt sind. Unter dieser Querbalkenlage kann man bei b die

innerste Schicht der Intima pia mit ihrem schwach angedeuteten, elastischen Netz wahrnehmen. Hartnack Imm. Obj. 9, Ocul. 3.

Fig. 11. Intima pia spinalis von der Innenseite (nach dem Rückenmarke zu) gesehen. Von einem jungen Kätzchen. Osmiumsäure, Anilin. Ein Flächenhäutchen, sich als eine dünne, körnige Schicht mit Kernen in mehr protoplasmatischer Umgebung markirend. Darunter die steifen, geraden Querfasern, und unter diesen eine neue Zellenschicht, welche dieselbe ist, die an der vorigen Figur erscheint. Keine elastischen Fasern wahrnehmbar. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 12. Intima pia spinalis von der äusseren Seite gesehen. Vom Hunde. Osmiumsäure, Anilin. Die Kerne weggefallen. Bei a erscheint die Mündung einer trichterförmigen Verlängerung, die zu einer Scheide b hinableitet, in welche das Häutchen sich um ein Blutgefäss fortsetzt, das in das Rückenmark eingesenkt war. Die steifen Fasern folgen in den Trichter und in die Scheide mit dem Gefässe herab. Hartnack Obj. 7, Ocul. 3.

Fig. 13. Piatrichter und Scheide eines aus dem Rückenmarke in Zusammenhang mit der Pia ausgezogenen Blutgefässes vom Menschen. Müllersche Lösung, Alkohol, Anilin. a Intima pia mit den steifen Querfasern. b die äussere, fibrilläre, längsgehende Schicht der Pia. c die trichterförmige Verlängerung der Intima um das Gefäss d. Bei e die mehr plattenförmige Verlängerung der Intima, in welche der Trichter tiefer im Rückenmark hinein übergeht; am Abgang der Zweige ist sie sehr breit. Man sieht wie die steifen Querfasern der Intima, die in die Scheide hinablaufen, sich dicht an die Gefässwand anlegen und dieselbe umkreuzen. Hartnack, Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 14. Perineuralhäutchen aus einem Brachialnerven des Menschen isolirt. Osmiumsäure, Anilin, essigsaures Kali. Eine äusserst feine, oberflächliche, sehr schwachkörnige Zellenhäutchenschicht mit einem dunkleren, feinen Netzwerk und mit Kernen, die in diesem Präparat eine ziemlich geringe oder keine Protoplasmazone zeigen. Unter dieser Schicht erscheinen von a sich ausbreitende, dünne Fibrillenbündel und unter ihnen sieht man bei b einen Kern einer an der anderen Seite der Balken befindlichen Zellenschicht. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 15. Fibrilläres Häutchen aus dem Epineurium in der Nähe des Perineurium genommen. Aus einem Brachialnerven des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Ein dünnes Zellenhäutchen erscheint an beiden Seiten der platten, häutchenartig ausgebreiteten Fibrillenbündel. Bei a sieht man Kerne an beiden Seiten der Fibrillen. Bei b ist das Zellenhäutchen theilweise zerstört, theilweise beibehalten, zwischen die hier von einander etwas getrennten Fibrillenbündel ausgespannt. Bei c elastische Fasern. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 16. Ein Stück einer subcutanen Fascie. Vom Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Das Häutchen besteht aus einer platten Fibrillenschicht an beiden Seiten mit äusserst feinen, körnigen Zellenhäutchen bekleidet. Bei a sieht man das Zellenhäutchen isolirt hervorragen. Bei b Zellenkerne an beiden Seiten, von einer Protoplasmazone umgeben. Bei c senkt sich das Protoplasma zwischen die Fibrillen ein. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 17. Bindegewebshäutchen aus ödematösem Unterhautzellgewebe der Lumbodorsalregion. Vom Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Doppelte, körnige, dünne Zellenhäutchen mit stärkerer Körneransammlung um die Kerne. Zwischen den Häutchen sparsame, zerstreute Bindegewebsfibrillen in zwei Richtungen verlaufend. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 18. Bindegewebshäutchen aus dem Unterhautzellgewebe der Lumbodorsalregion (Oedem). Vom Menschen. Im Allgemeinen dasselbe Verhalten wie in der vorigen Figur. Das Häutchen ist umgebogen. In gewissen Entfernungen verlaufen in demselben platte, fibrilläre Bänder zwischen zwei Häutchenzellenschichten, welche in den Zwischenräumen zwischen den Bändern zu einem Häutchen verschmelzen; die umgebogenen Fibrillenbänder erscheinen bei a im optischen Durchschnitt. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 19. Ein Stück des Rückenmarkes des Menschen mit den Häutchen von dem zweiten Dorsalnerven hinab. Das obere Ende des Rückenmarkes ist an der Figur nach unten gerichtet. a die Dura mater, vorn aufgeschnitten und nach hinten gebogen; b die Arachnoidea ebenfalls vorn aufgeschnitten und nach hinten gebogen. c die taschenförmigen Räume, welche die Arachnoidea zwischen den hinteren Nervenwurzeln bildet; bei b und nach oben davon an der Figur sind diese Räume von einem Häutchen überbrückt; die vorderen Wurzeln sind abgeschnitten. Nat. Grösse.

Tafel XVII.

Fig. 20. Querschnitt vom Rückenmark des Menschen im oberen Theil der Dorsalregion mit den Häutchen in natürlicher Ausspannung. Schwache Loupenvergröss.: a Dura mater, an deren Innenseite die dünne Arachnoidea dicht anliegt, nur an einigen Stellen sich davon etwas abtrennend. b Septum posticum, welches hier aus mehreren, hie und da zusammenlaufenden Häutchen besteht, aus welchen kleinere Subarachnoidalräume gebildet werden; diese Häutchen scheinen an der Figur sich nach den Seiten auszubreiten, sowohl an der Innenseite der Arachnoidea, als an der Pia, wo auch ein Paar durchschnittene Blutgefässe in diesen Häutchen aufgehängt zu sehen sind. c die hinteren Nervenwurzeln in ihrem Suharachnoidalhäutchen aufgehängt. d Ligamentum denticulatum im Durchschnitt. e die vorderen Ner-

venwurzeln. Zwischen der Arachnoidea und der das Rückenmark bekleidenden Pia befindet sich der grosse subarachnoidale Raum, welcher durch das paarige Ligamentum denticulatum in ein hinteres und ein vorderes Subarachnoidalspatium abgetheilt wird.

Fig. 21. Querschnitt vom Rückenmark des Hundes, etwas oberhalb der Cauda equina. Blaue Subarachnoidalinjection. Schwache Loupenvergr.: Die Nervenbündel schön und ziemlich regelmässig rings um das Rückenmark angeordnet. Die Injection befindet sich überall zwischen ihnen und auch in der Piaverlängerung der Fissura anterior.

Fig. 22. Querschnitt der Wurzeln eines Spinalnerven zwischen dem Ganglion und dem Rückenmarke in kurzer Entfernung vom Austritt des Nerven aus der Duralscheide des Rückenmarkes. Vom Menschen. Injection von den Subarachnoidalräumen des Rückenmarks aus. a die motorische, b die sensorische Wurzel. c die Duralscheide des Nerven, welche eine unmittelbare Fortsetzung der Dura spinalis ist, und welche hier eine Scheidewand zwischen den motorischen und sensorischen Wurzeln bildet. Innerhalb der Duralscheide befindet sich blaue Injectionsflüssigkeit rings um die grösseren Nervenbündel und an mehreren Stellen auch zwischen den kleineren Bündeln, aus welchen die grösseren zusammengesetzt sind. Die injicirten Räume sind eine unmittelbare Fortsetzung der Subarachnoidalräume, und ihre Begrenzungen sind eine Fortsetzung der Arachnoidea und des Subarachnoidalgewebes, welche hier Scheiden um die Nerven und Scheidemembranen im Innern derselben bilden.

Fig. 23. Ein Spinalganglion aus der Lumbalregion des Menschen, mit Injection von den Subarachnoidalräumen des Rückenmarks aus. Loupenvergröss. (ungef. 4 mal). a die sensorische Wurzel, durch deren Subarachnoidalräume die Injectionsflüssigkeit in das Ganglion selbst eingeflossen und sich in den Spaltenräumen und im interstitiellen Gewebe desselben ausgebreitet hat. b die motorische Wurzel, welche, von der Flüssigkeit umspült, am unteren Rand des Ganglion verläuft.

Fig. 24. Querschnitt vom Ischiadicus des Menschen. Loupenvergröss. (ungef. 4 mal). Stichinjection im Nerven. Der Schnitt ist eine weite Strecke von der Injectionsstelle aus gemacht. Man sieht die zahlreichen Nervenbündel, welche mehr oder weniger durch das fettreiche Epineurium von einander getrennt sind, von theils vollständigen, theils weniger vollständigen, blauen Ringen umgeben, die aus dem injicirten Perineurium bestehen. In den Nervenbündeln sieht man die gröbere Gruppirung der Nervenfasern. An einer Stelle ist die Injectionsflüssigkeit zwischen einige dieser Fasergruppen eingedrungen.

Fig. 25. Querschnitt eines kleineren Hundenerven, mit Injection in den Peri-

neuralräumen vom Subduralraum des Rückenmarks aus. Loupenvergröss.

Pig. 26. Querschnitt des Vagus vom Menschen mit Injection der Perineuralräume (Stichinjection). Die Zweige des Nerven von einander durch das Epineurium getrennt. Loupenvergröss.

Fig. 27. Querschnitt vom Stamme des Sympathicus colli des Menschen. Stichinjection. Loupenvergröss. Der Schnitt ist am Uebergang des Nerven ins Ganglion gemacht. Die Perineuralräume sind durch die Injectionsflüssigkeit sehr ausgespannt. Bei a geht das Epineurium mit einem gröberen Blutgefäss tief in den Nerven hinein.

Fig. 28. Querschnitt vom Ganglion supremum Colli des Sympathicus des Menschen mit Injection nach Einstich in den Nerven selbst. 4mal vergröss. Die Injectionsflüssigkeit befindet sich sowohl in den eigentlichen Perineuralräumen, als um die Nervenbündel im Innern des Ganglion.

Fig. 29. Ein Stück von einem Querschnitt eines Spinalganglion aus der Lumbalregion des Menschen, mit Injection von den Subarachnoidalräumen des Rückenmarks aus. Müller'sche Lösung, Alkohol. Der Schnitt ist nicht weit ausserhalb des Einlaufes der Nervenwurzel ins Ganglion. Die Injectionsflüssigkeit hat die quergeschnittenen Nervenbündel umspült und ist hie und da zwischen die einzelnen Nervenfasern und die eingestreuten Ganglienzellenkapseln (a) eingeflossen. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 30. Ein Stück von einem Querschnitt eines Spinalganglion aus der Lumbalregion des Menschen, mit Injection von den Subarachnoidalräumen des Rückenmarks. Müller'sche Lösung, Alkohol. Die Injectionsflüssigkeit umspült die Ganglienzellenkapseln (a), ist aber nie in dieselben eingedrungen, auf der Innenseite dieser Kapseln liegt das bekleidende Epithel und in ihren Hohlräumen befinden sich die geschrumpften Ganglienzellen, nur mit Ausnahme von zwei Stellen, wo die Zellen ausgefallen sind. b Blutgefässe. Die Injectionsflüssigkeit ist hier überall zwischen die theils einzelnen, theils bündelweise stehenden, quergeschnittenen Nervenfasern eingeflossen, und hat sie rings umgespült, ist aber nirgends in ihre Schwann'schen Scheiden hineingedrungen. Hartnack Obj. 7, Ocul. 3.

Fig. 31. Ein Stück von einem Querschnitt eines Spinalganglion aus der Lumbalgegend des Menschen. Stichinjection im Ganglion. Müllersche Lösung, Alkohol. Der Schnitt ist an der Fläche des Ganglion gemacht; bei a sieht man die Perineuralräume mit der Injectionsflüssigkeit gefüllt, welche in diese durch die endoneuralen Spaltenräume (b) ausgeflossen ist, die Ganglienzellenkapseln sind von einem schönen, maschigen Lymphgefässnetz (c) umsponnen, welches in offener Verbindung mit den eben genannten Spaltenräumen steht. d Blutgefässe. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 32. Querschnitt von einem Nervenbündel eines Spinalganglion des Menschen. Stichinjection. Müller'sche Lösung, Alkohol. Von den das Nervenbündel umgebenden Spalträumen ist die Flüssigkeit in einen endoneuralen Gang in das Nervenbündel hineingedrungen, und hat hie und da zwischen feine Nervenfasern sich in einem Maschennetz ausgebreitet. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 33. Ein Stück von einem Querschnitt eines sympathischen Ganglion des Menschen. Stichinjection. Müller'sche Lösung, Alkohol. Der Schnitt ist an der Fläche des Ganglion gemacht. Die Flüssigkeit hat theilweise das lymphatische Maschennetz um die Ganglienzellenkapseln (a) gefüllt und ist von diesen durch endoneurale Gänge (b) in die Perineuralräume (c) ausgeflossen. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 34. Eine Partie eines derartigen Lymphgefässnetzes um die Ganglienzellenkapseln, aus dem Ganglion coeliacum des Menschen, bei etwas stärkerer Vergrösserung als in der vorigen Figur, Müller'sche Lösung, Alkohol.

Fig. 35. Eine kleine Partie von dem Querschnitt eines peripherischen Nerven des Menschen, die zwischen Perineuralhäutchen liegenden, mit Injectionsflüssigkeit fast erfüllten Perineuralräume zeigend. Müller'sche Lösung, Alkohol. a die Oberfläche des Nerven mit den quergeschnittenen Nervenfasern; nächst ausserhalb derselben liegen einige Perineuralhäutchen (b), deren Zwischenräume nicht injicirt sind, Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 36. Eine Partie von einem Querschnitt eines Nervenbündels (Brachialnerven) des Menschen. Stichinjection. Müller'sche Lösung, Alkohol. a endoneurale Spalträume, welche nach dem Inneren des Nerven beginnende Verzweigungen in feinere Gänge zeigen und nach aussen an der Fläche des Nerven in Perineuralräume (b) übergehen. c ein quergeschnittenes Blutgefäss. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 37. Eine ähnliche Partie von einem Querschnitte eines peripherischen Nervenbündels des Menschen. Stichinjection. Müller'sche Lösung, Alkohol. Hier ist die Flüssigkeit von den endoneuralen Spalträumen zwischen die einzelnen Nervenfasern reichlich hineingeflossen und hat sie umgespült. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 38. Ein verzweigter feiner Muskelnerv, dessen Perineuralräume durch Stichinjection von dem Nervenstamme aus injicirt sind. Vom Kaninchen. Müller'sche Lösung, Alkohol. Bei a sieht man die Injectionsmasse in kleineren Partien zwischen den Perineurallamellen liegen. Hartnack Obj. 7, Ocul. 3.

Fig. 39. Lumbo-sacralplexus eines Hundes (von der Bauchhöhle aus gesehen) mit Injection feiner Nerven vom Subduralraum des Rückenmarks aus. Nat. Grösse.

Fig. 40. Ein Stück von einem Querschnitt aus der Halsregion des Rücken-

marks mit Injection von den Subarachnoidalräumen aus. Vom Menschen. Müller'sche Lösung, Alkohol. a Pia mit Injectionsflüssigkeit erfüllt; b eines von ihren Blutgefässen, welches in das Rückenmark ein Gefässzweig in eine trichterförmige mit Injectionsflüssigkeit erfüllte Verlängerung (c) der Pia einsendet; d eine eben solche trichterförmige injicirte Gefässscheide, welche aus der Rückenmarksfläche etwas ausgezogen und von ihr getrennt ist. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Tafel XVIII.

Fig. 41. Randpartie von dem Querschnitte eines Nervenbündels aus einem peripherischen Nerven (Ischiadicus) des Menschen. Müller'sche Lösung, Alkohol, Carmin. a Perineurium, welches bei b ein kleineres dicht an dem grösseren Nervenbündel liegendes, und von ihm eben abgezweigtes Nervenbündel umschliesst, und welches in das Innere des grösseren Nervenbündels endoneurale Fortsetzungen (c) einsendet, wodurch also dieses Bündel in kleinere Gruppen getheilt wird; die endoneuralen Fortsetzungen sind an einigen Stellen aufgeblättert, und umfassen hie und da quergeschnittene, von ihren concentrischen Endothelhäutchen umschlossene Blutgefässe (d). Die Perineuralhäutchen liegen beisammen und erscheinen nur schwach durch feine Streifen angedeutet. Die Nervenfasern erscheinen quergeschnitten, und durch das Endoneurium getrennt, in welchem die Fibrillenscheiden und die Kerne der dieselben bekleidenden Zellenscheiden mehr oder weniger deutlich hervortreten; hie und da sind die Myelinscheiden etwas von den Schwann'schen Scheiden getrennt; die Achsencylinder erscheinen in der Mitte der Myelinscheiden; an einer Stelle links (bei e) ist aus einer Nervenfaser sowohl der Achsencylinder als die Myelinscheide ausgefallen, so dass die Schwann'sche Scheide leer da steht. Links an der Figur ist eine ganze Nervenfasergruppe abgetrennt und etwas vom Perineurium und seiner endoneuralen Fortsetzung abgesondert. Hartnack Obj. 7, Ocul. 3.

Fig. 42. Randpartie von einem Querschnitte eines Nervenbündels aus einem peripherischen Nerven (Brachialis) des Menschen, die aufgeblätterten Perineuralhäutchen nebst einigen Epineuralhäutchen zeigend. Der Schnitt ist an einem gefrorenen Nerven gemacht und dann in Anilin gefärbt. Die dünnen Perineuralhäutchen liegen noch an einigen Stellen dicht beisammen, an einigen Stellen hängen sie mittelst feiner, überspringender Balken zusammen. Die feine Fibrillirung dieser Häutchen tritt an der Figur etwas stark hervor; einige longitudinale Faserbündel erscheinen auch an den Häutchen. In den drei ausserhalb liegenden, auch grösstentheils aufgeblätterten Epi-

neuralhäutchen sieht man die wellenförmige, längsgehende Fibrillirung sehr deutlich. Die Kerne sind weder an den Peri- noch an den Epineuralhäutchen gezeichnet. Die innersten Perineuralhäutchen liegen dicht am Nervenbündel (c) zusammen; man sieht einige endoneurale Fortsetzungen (d) von ihnen zwischen die Gruppen der quergeschnittenen Nervenfasern einlaufen. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 43. Randpartie von einem Querschnitt eines Nervenbündels aus einem peripherischen Nerven (Brachialis) vom Hunde. Holzessig, Anilin. Die Figur zeigt vier durch die Behandlung geschwellte Perineuralhäutchen, von welchen die drei oberen (a) mit ihren angehörigen Kernen näher zusammen liegen, das vierte (b) isolirt ist, Kerne an beiden Seiten zeigt, und wie die übrigen beiderseits von einer, mit Anilin gefärbten, rothen Linie begrenzt ist, die das bekleidende Zellenhäutchen angiebt. In den Häutchen zwischen diesen rothen Linien erscheint eine schwache Andeutung zur Structur durch die geschwellten Fibrillen der Häutchen entstanden. An einer Stelle links findet sich eine etwas schmalere, dunklere Partie an einem Häutchen, welche darauf beruht, dass die Fibrillen hier geringer an Zahl waren. Nach unten an der Figur sieht man quergeschnittene Nervenfasern (d), deren Myelinscheide von Anilin gefärbt ist, und welche von den geschwellten Fibrillenscheiden umgeben sind, die ihrerseits von ihrem Zellenhäutchen mit den angehörigen Kernen begrenzt sind. Oberhalb dieser quergeschnittenen Nervenfasern liegt das Fibrillenhäutchen (c), welches nach dem Perineurium zu das Nervenfaserbündel zunächst umschliesst, und an deren äusserer Fläche man auch eine rothe Contour eines Zellenhäutchens nebst zwei Kernen sieht. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 44. Randpartie von einem Querschnitt eines Nervenbündels aus einem peripherischen Nerven (Brachialis) des Hundes. Holzessig, Anilin. Die Figur zeigt eine Stelle, wo die dichtliegenden, innersten, nur von ihrem rothgefärbten Flächenhäutchen getrennten, angeschwellten Perineuralhäutchen (a), welche bei b zwischen sich ein quergeschnittenes Blutgefäss aufnehmen, sich in das Nervenbündel zwischen seine Fasergruppen einbiegen. Diese endoneuralen Fortsetzungen zeigen nach der Anschwellung ungefähr dasselbe Aussehen, wie die Perineuralhäutchen selbst. Bei b biegen sich einige von ihnen nach der Seite, an der Abgangsstelle zwischen sich ein quergeschnittenes Blutgefäss aufnehmend. In den Nervenfasergruppen sieht man die rothgefärbten, geschwellten Myelinscheiden und Achsencylinder der quergeschnittenen, gröberen und feineren Nervenfasern, zunächst von ihrer Schwann'schen Scheide umschlossen und nach aussen davon von den stark angeschwellten Fibrillenscheiden umgeben, welche ihrerseits durch die sie bekleidenden, die Zellenhäutchen

anzeigenden, rothen Linien und die denselben angehörigen Kerne getrennt sind. Hie und da sieht man zwei oder mehrere Nervenfasern in einer gemeinsamen Fibrillenscheide liegen. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 45. Querschnitt des Perineurium und Epineurium eines Nervenbündels aus einem peripherischen Nerven des Hundes. Holzessig, Anilin. Die Perineuralhäutchen a liegen, wie in der vorigen Figur, zusammen, von rothen Linien begrenzt. Nach oben davon sieht man die stark und ungleich angeschwellten Epineuralhäutchen auch durch rothe Linien begrenzt, welche die sie bekleidenden Zellenhäutchen anzeigen, und in welchen rothgefärbte Kerne liegen. Hie und da sieht man diese Zellenhäutchen quer durch die Epineuralhäutchen zusammenlaufen, Häutchenbrücken zwischen ihren Flächenhäutchen bildend. Die Kerne, welche hie und da in ihren Winkeln vorhanden sind, ähneln mit den von ihnen ausgehenden, die Zellenhäutchen anzeigenden, rothen Linien den in früherer Zeit beschriebenen, verzweigten Bindegewebskörperchen. In dem angeschwellten Häutchen sieht man eine Eintheilung in Partien, die geschwellten Fibrillenpartien anzeigend. Bei b läuft ein Blutgefäss durch die Epineuralhäutchen hindurch, wie in einem Canale, welcher von ihren Zellenhäutchen gebildet ist. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 46. Eine Partie eines sympathischen Halsganglion mit einigen eintretenden Nervenzweigen. Vom Kaninchen. Silberfärbung. Man sieht an demselben ein mehrschichtiges Netz von dunkelgefärbten, polygonalen Maschen sowohl über die Fläche der Nervenzweige, als über die des Ganglion sich erstrecken, die durch das Silber gefärbten Zellengrenzen in den Zellenhäutchen des Perineurium anzeigend. Hartnack Obj. 4, Ocul. 3.

Fig. 47. Eine Partie von einem Querschnitt eines peripherischen Nerven (Brachialis) des Menschen mit gröberen und feineren Nervenfasern. Osmiumsäure, Anilin. Die schwarzgefärbten Myelinscheiden sind etwas von den rothgefärbten Schwann'schen Scheiden getrennt, und zwischen oder um die letzteren sieht man die Fibrillenscheiden mit ihren quergeschnittenen, mehr oder weniger in Unordnung gebrachten, nach der Seite gebogenen Fibrillen nebst einigen Kernen der sie bekleidenden Zellenhäutchen. Hartnack Imm. Obj. 9, Ocul. 3.

Fig. 48. Ein Stück einer isolirten Nervenfaser mit ihren Häutchen aus einem peripherischen Nerven (Brachialis) des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Im oberen Ende sieht man aus der dunkelgefärbten Myelinscheide (a) den Achsencylinder (b) hervorragen; zunächst ausserhalb dieser Scheide erscheint die schwach rothgefärbte Schwann'sche Scheide (c), im oberen Ende der Figur leer, weiter unten etwas von der Myelinscheide getrennt, und am untersten Theil so dicht um sie angeschlossen, dass sie nicht deutlich wahrgenommen wird.

Bei d liegt ein Kern in der hier etwas erweiterten Schwann'schen Scheide oder an der Innenseite derselben; nach oben und unten davon befinden sich an der Innenseite der Scheide glänzende Körner von nicht eben unbedeutender Grösse. Rings um die Schwann'sche Scheide sieht man die Fibrillenscheide (e) der Nervenfaser auswendig von einem äusserst dünnen Zellenhäutchen bekleidet, dessen Kerne (f) von einer dünnen protoplasmatischen Ausbreitung umgeben sind; bei g ist ein Theil dieses Zellenhäutchens abgelöst. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 49. Drei solche in natürlicher Lage beisammenliegende Nervenfasern mit zugehörigen Scheiden aus einem frischen (durch Amputation erhaltenen), peripherischen Nerven (Fingernerven) des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Wie in der vorigen Figur sieht man um die dunkelgefärbten Myelinscheiden die röthlich gefärbten Schwann'schen Scheiden an einigen Stellen hervortreten und nach aussen davon die räumlichen Fibrillenscheiden auswendig von ihren Endothelzellen bekleidet. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 50. Eine isolirte Nervenfaser von ihrer Fibrillenscheide abgetrennt, aus einem frischen (durch Amputation erhaltenen) peripherischen Nerven (Wadennerven) des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Um die dunkelgefärbte Myelinscheide sieht man die röthlich gefärbte Schwann'sche Scheide eine Erweiterung bilden, in welcher, »an der Innenseite der Scheide«, ein Kern und nach oben und unten davon eine Ansammlung rundlicher, glänzender, recht grosser Körner nebst zwei grossen freien dunkelgefärbten Kugeln (Myelinkugeln) liegen. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 51. Eine isolirte Nervenfaser von ihrer Fibrillenscheide abgetrennt; aus einem in Ueberosmiumsäure eingelegten, peripherischen Nerven (Fingernerven) eines jüngeren (zehnjährigen) Menschen genommen. Anilinfärbung. An der Innenseite der röthlich gefärbten Schwann'schen Scheide liegt ein Kern, und nach oben und unten davon eine langgestreckte Ansammlung von körnigem Protoplasma. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 52. Eine isolirte schmalere myelinhaltige Nervenfaser aus einem peripherischen Nerven (Brachialis) des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Die Schwann'sche Scheide ist hie und da etwas ausgebuchtet und von der Myelinscheide getrennt; an einer Stelle ist sie sehr geräumig, dort an ihrer Innenseite mit einem von körnigem Protoplasma umgebenen Kern versehen. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 53. Ein Stück einer isolirten Nervenfaser aus einem peripherischen Nerven des Hundes. Holzessig. Links von der dunkler gefärbten Myelinscheide sieht man die durch Holzessig angeschwollene und homogene, heller gefärbte Fibrillenscheide, an deren äusserer Seite eine theilweise abgelöste Häutchenzelle mit ihrem Kern (der äusse-

ren Häutchenzellenbekleidung der Fibrillenscheide angehörend) anhaftet. Hartnack Imm. Obj. 9, Ocul. 3.

Fig. 54. Eine isolirte, schmalere, myelinhaltige Nervenfaser ohne ihre Fibrillenscheide, aus einem peripherischen (Finger) Nerven des Menschen; frisch mit Osmiumsäure behandelt, Anilinfärbung. Sie zeigt zwei der mit körnigem Protoplasma umgebenen Kerne der Schwann'schen Scheide in natürlicher Entfernung von einander und mit der zwischenliegenden Einschnürung auch in natürlicher Entfernung von den beiden Kernen. Hartnack Imm. Obj, 10, Ocul. 3.

Fig. 55. Eine myelinhaltige Nervenfaser mit wiederholter Theilung, von dem Brustmuskel des Frosches. Osmiumsäure, Anilin. Die Faser ist zu äusserst von einem Perineuralhäutchen umgeben, welches mit ihr sich theilt, und in welchem Kerne (e) zu sehen sind. Die Schwann'sche Scheide schliesst sich so dicht um die Myelinscheide, dass sie nicht deutlich hervortritt. Bei c sieht man Kerne, welche der Schwann'schen Scheide angehören. Bei a theilt sich die Nervenfaser in zwei Fasern, die eine breit, die andere schmaler; bei b theilt sich die breitere Faser wieder in drei ungefähr gleich breite Fasern. An den Theilungsstellen befinden sich Einschnürungen der Schwann'schen Scheide, und die Myelinscheide wird dort vermisst. Bei d sieht man Einschnürungen ohne Theilung. Zwischen allen diesen Einschnürungen sind die der Schwann'schen Scheide angehörigen Kerne (c) vorhanden; zwischen den beiden Theilungseinschnürungen liegt der Kern nicht in der Mitte, sondern die Entfernung der einen Einschnürung ist hier grösser, als die der anderen. Hartnack Imm. 10, Ocul. 2.

Fig. 56. Eine isolirte, feine, myelinfreie Nervenfaser mit zwei Kernen aus einem peripherischen Nerven (Brachialis) des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Die ohne Zweifel vorhandene, aber nicht deutlich isolirte Schwann'sche Scheide schliesst sich dicht um den Achsencylinder. Die blassen, feinen Fasern des Sympathicus haben eben dasselbe Aussehen. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 57. Eine myelinhaltige Nervenfaser mit Einschnürungen aus einem peripherischen Nerven (Fingernerven) des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Die Myelinscheide wird an der Einschnürungsstelle ganz vermisst, während der Achsencylinder durch das ziemlich weite Lumen derselben verläuft. Die Schwann'sche Scheide zeigt links keine Verdickung oder dergl., rechts dagegen einen hineinragenden Fortsatz. Ausserhalb dieser Scheide, zwischen ihr und der Fibrillenscheide, sieht man eine Ansammlung von feinkörnigem Protoplasma. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 58. Dieselbe Nervenfaser bei tieferer Einstellung des Mikroskops. An der Einschnürungsstelle erscheint jetzt, wie ein Querband, eine Firste

in der Schwann'schen Scheide auf der unteren Seite des Achsencylinders.

Fig. 59. Myelinhaltige Nervenfaser mit Einschnürung, aus einem Fingernerven des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Die etwas erweiterte Schwann'sche Scheide bildet an der Einschnürung eine ringförmige, gegen den Achsencylinder hineinragende Verdickung. Nach aussen davon erscheint links die feinkörnige Ansammlung. Die Myelinscheide wird an der Einschnürung vermisst. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 60. Myelinhaltige Nervenfaser mit Einschnürung; aus einem peripherischen Nerven des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Die oberhalb und unterhalb der Einschnürung etwas erweiterte Schwann'sche Scheide zeigt an der übrigens starken Einschnürung keine Verdickung. Myelinscheide wird an der Einschnürung vermisst. Ausserhalb der Schwann'schen Scheide erscheint die etwas zerzupfte Fibrillenscheide mit ihrem feinkörnigen Bekleidungshäutchen und einem ihm angehörigen Kern. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 61. Myelinhaltige Nervenfaser mit unvollständiger Einschnürung; aus einem peripherischen Nerven des Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Die Myelinscheide setzt sich durch die Einschnürung fort. Keine Verdickung oder dergl. ist in der Schwann'schen Scheide an der Einschnürungsstelle vorhanden. Der Achsencylinder ist durch die Myelinscheide zu sehen. An der Fibrillenscheide liegt ein Kern mit zugehörigem Zellenhäutchen. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 62. Myelinhaltige Nervenfaser mit Einschnürung aus einem peripherischen Nerven (Ischiadicus) des Frosches. Osmiumsäure, Anilin. In der Schwann'schen Scheide erscheint an der Einschnürungsstelle nur eine feine, quergehende Linie, aber keine Verdickung o. dergl. Die Myelinscheide wird am ganzen Einschnürungsstück vermisst. Die Fibrillenscheide ist stark entwickelt. Hartnack Imm. Obj. 10 Ocul. 3.

Fig. 63. Myelinhaltige Nervenfaser mit Einschnürung, aus einem peripherischen Nerven (Ischiadicus) des Frosches. Osmiumsäure, Anilin. In der Mitte der Einschnürung erscheint eine querliegende, stark glänzende Scheibe, durch deren Mitte der Achsencylinder verläuft und welche dicht an der Innenseite der Schwann'schen Scheide liegt. Die Myelinscheide geht beiderseits bis zur Nähe dieser Scheibe. Harnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 64. Zwei Einschnürungen myelinhaltiger Nervenfasern, aus einem peripherischen Nerven des Frosches. a Einschnürung ohne Querlinie, Scheibe oder dergl. die Myelinscheide von beiden Seiten fast zusammenlaufend. b unvollständige Einschnürung, die Myelinscheide sich durch die Einschnürungsstelle fortsetzend. Osmiumsäure, Anilin. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 65. Ein schmaler, peripherischer Nerv (Hautnerv) eines Vogels (Cypselus Apus) aus einer kernführenden Perineuralscheide und einigen darin eingeschlossenen, myelinhaltigen Nervenfasern bestehend. Osmiumsäure, Anilin. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 66. Der obere Theil des Innenkolbens eines Pacini'schen Körpers mit Terminalfaser und Endknospen, im optischen Längendurchschnitt. Vom Menschen. Osmiumsäure. Die äusseren und die meisten der mittleren Kapseln sind weggenommen. Die inneren Kapseln erscheinen im optischen Durchschnitt an beiden Seiten des Innenkolbens, dicht an einander liegend; die intrakapsulären Circulärfasern erscheinen als schwach angedeutete Punkte zwischen den Kapselwandlinien. Im Innenkolben ist eine Längsstreifung undeutlich hervortretend. In seiner Mitte liegt die in mehrere Zweige getheilte Terminalfaser mit etwas markirter, fibrillärer Zusammensetzung. Hie und da sieht man die feineren Zweige, welche aus einer hell glänzenden Achsenfaser, von einer dunkleren varicösen Scheide umgeben, bestehen. Alle Zweige, sowohl die gröberen als die feineren endigen in Endknospen von körnigem Aussehen, aber von verschiedener Grösse, Form und Lage. In den meisten der Endknospen tritt eine Eintheilung der körnigen Masse in rundliche Partieen, hervor. Nach oben verschmälert sich der Innenkolben und geht in seine fibrilläre Verlängerung über. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3. (Nicht ausgezogener Tubus.)

Fig. 67. Stiel eines Pacini'schen Körpers mit seinem Uebergang in denselben, im optischen Durchschnitt. Vom Menschen. Osmiumsäure. In der Mitte sieht man die Nervenfaser (a) mit ihrer dunklen Myelinscheide (nebst einigen freien Myelinkugeln, welche die Schwann'sche Scheide auszuspannen scheinen). Ausserhalb derselben erscheint die Fibrillenscheide (b) mit ihrer wellenförmigen Fibrillenanordnung und mit einigen Kernen. Ausserhalb dieser sieht man die Perineuralhäutchen von welchen doch ein Theil der äusseren nebst den äusseren Kapseln auf die Weise weggenommen sind, dass sie über den Stiel zurückgezogen wurden. Nach oben sieht man die Perineuralhäutchen in die Kapseln des Körpers übergehen, die inneren ohne Veränderung, die mittleren und äusseren dadurch, dass sie breiter werden die intrakapsuläre Flüssigkeit in sich aufnehmend, in welcher die circulären Fibrillen wie Körner in wechselnder Anordnung erscheinen. Die Kapseln sind an verschiedenen Stellen von einander getrennt, wodurch die Spaltenräume (c) zwischen ihnen hervortreten, und die Lage der Kapselkerne, wie das Verhalten der die Kapseln begrenzenden Häutchen, wahrgenommen wird. Hartnack Imm. Obj. 9, Ocul. 3.

Fig. 68. Eine isolirte, gefensterte Kapsel eines Pacini'schen Körpers, in Flächenausbreitung. Vom Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Mehrere

grössere und kleinere Löcher, von welchen einige theilweise mit einem äusserst dünnen, körnigen Häutchen bedeckt sind, erscheinen zwischen den Fibrillenbündeln. Um einige der Kerne des bekleidenden Flächenzellenhäutchens befindet sich eine protoplasmatische Zone in dünner Ausbreitung. Hartnack Obj. 7, Ocul. 3.

Fig. 69. Ein ähnliches, aber nicht gefensterte Kapselhäutchen eines Pacinischen Körpers, in Flächenausbreitung. Vom Menschen. Osmiumsäure, Anilin. Das elastische Fasernetz ist hier zu sehen. Um einige der Kerne befindet sich eine protoplasmatische Zone. Eine Wanderzelle (a) liegt dicht auf dem Häutchen. Hartnack Imm. Obj. 9, Ocul. 3.

Fig. 70. Einige Kapseln eines Pacinischen Körpers im optischen Durchschnitt. Vom Menschen. Osmiumsäure. a die Kapseln selbst mit ihren als begrenzenden Linien erscheinenden Flächen- oder Begrenzungshäutchen, zwischen welchen die albuminhaltige Flüssigkeit vorhanden ist, und die darin befindlichen Quer- oder Circulärfasern als Körner im optischen Durchschnitt erscheinen. In den Spaltenräumen (b) zwischen den Kapseln sieht man die Kapselkerne, theilweise mit dem ihnen angehörigen, äusserst dünnen Zellenhäutchen, von dem Begrenzungshäutchen selbst abgelöst, und als eine von den Enden der Kerne ausgehende, frei in den Spaltenräumen liegende, feine Linie erscheinend. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Fig. 71. Eine Partie eines Pacini'schen Körpers des Menschen, den Uebergang der Fibrillenscheide (a) in den Innenkolben (c) und der Uebergang der myelinhaltigen Nervenfaser (c) in die Terminalfaser (d) (unter Abgeben der Myelinscheide) zeigend. An den Seiten erscheinen einige der nächsten Kapseln im optischen Durchschnitt. Osmiumsäure. Hartnack Imm. Obj. 10, Ocul. 3.

Alle Figuren sind, wo es nicht besonders angegeben ist, bei ausgezogenem Mikroskoptubus gezeichnet.

Das Verhältniss von Drüsennerven zu Drüsenzellen.

Von

C. Kupffer.

Ich glaube dem Verdienste derjenigen Histiologen, die sich um die Ermittelung der Verhältnisse der Drüsennerven bemüht haben, nicht zu nahe zu treten, wenn ich die Frage nach der Endigung dieser Nerven als eine noch offene bezeichne. Nach gelegentlichen Mittheilungen darf ich annehmen, dass dies die Ansicht der überwiegenden Mehrzahl der Fachgenossen ist. Verschiedene derselben haben sich in ihren Publikationen dazu bekannt, dass sie vergeblich nach einem Zusammenhange der Nerven und Drüsenzellen gesucht haben.

Ich selbst muss gestehn, dass ich an der Submaxillaris verschiedener Säugethiere nicht über die Ergebnisse hinausgekommen bin, die Reich[1]) in seiner soliden Arbeit veröffentlicht hat, d. h. nicht über die Wahrscheinlichkeit des Durchtritts feiner markloser Fasern durch die Propria des Acinus. Einen unzweifelhaften Zusammenhang von Nervenfibrillen mit den Zellen des Acinus habe ich da nicht gesehn.

Die in ihrem Basalabschnitt sich auffasernden Cylinder der Ausführungsgänge fand ich allerdings häufig in vereinzelte Fibrillen sich fortsetzend, die nichts Anderes als Nervenfibrillen sein konnten, aber auch hier genügten meine Präparate nicht, um eine stärkere unzweideutige Nervenfaser sich derart in Quäste auffasern zu sehn, wie es in dem Präparat der Fall gewesen sein muss, das Pflügers Fig. 80 im Artikel »Speicheldrüsen« des Strickerschen Handbuchs zu Grunde gelegen hat.

1) Bernhard. Reich. Disq. microsc. de finib. nerv. in gland. salival. Dissert. Vratislaviae 1866.

Markführende Fasern habe ich nie in solchem Contact mit der Propria, sei es der Acini, sei es der Speichelgänge, gesehn, dass ich auf einen unmittelbaren Durchtritt und gar auf eine Fortsetzung der Markscheide binnenwärts hätte schliessen dürfen.

Der Gesammteindruck, den ich aus wiederholten Bemühungen davonnahm, war der, dass es sich hier nicht um »grobe« Verhältnisse handelt, sondern dass man in letzter Instanz auf die feine blasse Fibrille stösst, deren Verbindungsweise mit der secernirenden Zelle noch zu ermitteln wäre.

In Bezug auf die Thatsache des Zusammenhanges überhaupt der Ueberzeugung Pflügers mich anschliessend, begann ich nun nach geeigneteren Organen zu suchen, die auch dem Zweifler gegenüber den objektiven Nachweis zu führen gestatten möchten.

Ich wandte mich zu den Speicheldrüsen der Insekten und hier zunächst der Muscidenlarven.

Bei diesen sind es zwei grosse, fast ganz isolirt im Leibesraum liegende einfache cylindrische Schläuche, die nur an ihren hintern blinden Enden durch einen bandartigen Streifen von Fettgewebe verbunden sind, der noch becherartig die Enden selbst umgreift. Aber auch dieser partielle Ueberzug lässt sich leicht abstreifen und man hat dann die völlig isolirte Drüse vor sich, kann sie beliebig umherwälzen, alle isolirt herantretenden Stränge prüfen und das ganze durchsichtige Organ unter dem Deckglase mit den stärksten Vergrösserungen intact untersuchen. Es besteht aus einer homogenen, spärliche Kerne enthaltenden Propria, die innen von einer einfachen Lage grosser platter Zellen bekleidet ist, so dass ein geräumiger Axenkanal nachbleibt. Die Zellen sind hexagonale Tafeln von 0,125 Mm. Durchmesser mit einem im Centrum gelegenen wasserklaren Kern von 0,05 — 6 Mm. Durchmesser. Der grosse Kern wölbt natürlich die Mitte der Zelle nach innen empor. — Der Körper der Zellen ist im frischen Zustande, und nach der Behandlung mit Osmiumsäuredämpfen bis zu leichter Bräunung, fein granulirt und genügend durchsichtig, um ihn der Dicke nach bequem durchmustern zu können. Wenn bei irgend einem Organ, so schien bei diesem Aussicht vorhanden, die Frage zu lösen.

Ich war daher überrascht, durchaus nicht, weder isolirt herantretende, noch längs des Ausführungsganges verlaufende Nerven auffinden zu können und glaubte schon die Drüse als nervenlos bezeichnen zu müssen, bis ich durch einen Umstand darauf auf-

merksam wurde, dass der Drüse Nerven in den breiten Tracheenscheiden, den sogenannten Peritonealhüllen derselben zugeführt werden könnten. Ich sah nämlich von dieser Scheide eines Tracheenstammes, dessen Endäste sich zum Theil zur Drüse begaben, einen tracheenfreien Strang sich abzweigen, der direkt zu dem Doyère'schen Hügel eines Muskels verlief und mit demselben als einziger herantretender Nerv verschmolz. Die Peritonealhülle der Trachee verrieth vor der Abzweigung des Muskelnerven in keiner Weise die Einlagerung von Nervenfasern, etwa durch fibrilläres Aussehn, sondern zeigte, wie bei allen übrigen Tracheen, die gleichmässige leicht granulirte Grundsubstanz mit den eingebetteten grossen elliptischen Kernen. Der Muskelnerv selbst war feinstreifig und verband sich in der Weise mit dem Endhügel, dass die Fibrillen beim Eintritt pinselartig aus einander wichen und dann in der granulirten Substanz nicht weiter zu verfolgen waren.

Dieses hier geschilderte Verhältniss ist mir dann unter mehrfachen Variationen der Verbindungsweise wiederholt an den den Schlund bewegenden Muskeln begegnet, ich habe es aber auch an Muskeln weiter rückwärts gelegener Segmente getroffen.

Wie diese aus den Tracheenscheiden stammenden Muskelnerven die Verbindung mit der ventralen Centralnervenmasse herstellen, mag einer fernern Untersuchung überlassen bleiben, für die vorliegende Frage genügte es, dass überhaupt Nerven in den Tracheenscheiden verlaufen, um den Schluss unstatthaft erscheinen zu lassen, die Speicheldrüsen der Muscidenlarven seien nervenlos, da keine isolirt herantretenden Nerven wahrzunehmen sind.

Verfolgt man nun die Tracheen in ihrem Verhalten zur Drüse, so lässt sich zunächst konstatiren, dass sie nicht bloss aussen das Organ umspinnen, sondern mit einer nicht unbeträchtlichen Zahl feinerer Zweige die Propria durchbohren. Diese verlaufen dann entlang den Grenzlinien der grossen nicht ganz dicht an einander gefügten tafelförmigen Zellen und verzweigen sich weiter zwischen diesen bis zu äusserst feinen nicht messbaren Endästen, die keine Spur des Spiralfadens der Intima mehr wahrnehmen lassen, ohne Netze zu bilden.

Von diesen intercellulären Tracheen sieht man mit guten Systemen, Hartnack Nr. 10, Schröder Nr. 18, feine, blasse mit punktförmigen Knötchen besetzte Fibrillen ausgehn, die von der Scheide unter ganz wechselnden Winkeln entspringen und in die

Zellen eintreten. Das geschieht nicht etwa nur von den feinsten Tracheenenden aus, mit welchen, wenn sie luftleer sind, diese Fibrillen verwechselt werden könnten, sondern auch von stärkern Aesten, an denen Scheide und Intima noch zu unterscheiden sind.

Ich halte diese Fibrillen für Nerven, weil diese Deutung gegenüber allen andern möglichen die grössere Wahrscheinlichkeit für sich hat, aber es wäre thöricht, Verhältnisse, wie die geschilderten, wo dem subjektiven Ermessen ein weiter Spielraum gewährt ist, als irgend massgebend zur Entscheidung der in Rede stehenden Frage heranziehn zu wollen. Wenn ich es erwähnte, so geschah es nur, um etwaigen Nachfolgern auf diesem Gebiete Fingerzeige zu geben und zu betonen, auf welche besondern Verhältnisse man, je nach dem Objekte, bei Untersuchungen dieser Art gefasst sein muss.

Damit mir nicht etwa eine Beobachtungslücke zum Vorwurf gemacht werde, will ich ferner erwähnen, dass auch ganz unzweideutige Tracheenenden in diese Drüsenzellen selbst eindringen. Man sieht es nicht häufig in überzeugender Weise, weil die Endzweige in der Regel luftleer angetroffen werden, aber es trifft sich mitunter, dass der feine Luftfaden bis in die Nähe des Kern's verfolgt werden kann. Mit voller Sicherheit betone ich es, es gehn Tracheen in die Zusammensetzung der Speichelzellen der Muscidenlarven ein. — So interessant das Objekt war, für meinen Zweck genügte es nicht und ich suchte weiter. Die Spinndrüsen zahlreicher Raupen boten nicht befriedigendere Verhältnisse. — Die Arbeitsbiene hat drei Paar dem Baue nach sehr von einander abweichende Speicheldrüsen, wenn mit diesem Namen, ohne Rücksicht auf das Sekret, alle in den Vorderdarm mündenden Drüsen zusammengefasst werden dürfen, ein Paar tubulöser und zwei Paar, aber wiederum sehr von einander verschiedener, acinöser Drüsen. Die tubulösen Drüsen mit blassen Drüsenzellen und einem feinen, von stark lichtbrechender Intima ausgekleideten Axenkanal in den Tubulis, sind reich an umspinnenden Nerven; der Durchtritt durch die Propria ist aber schwer zu erweisen. — Die beiden andern Drüsen sind nur spärlich mit Nerven versehn.

Endlich glückte es, ein Objekt aufzufinden, das allen Anforderungen entsprach. Es sind die grossen, dem Oesephagus anliegenden Speicheldrüsen von Blatta orientalis.

Diese Drüsen sind mit einem äusserst reichen Nervenapparat versehn, der seine Wurzeln aus zwei Regionen bezieht, nämlich

aus den vom Oberschlundganglion entspringenden Eingeweidenerven und aus dem Bauchstrange. Der Eingeweidenerv giebt, vorüberstreichend, zahlreiche Aeste an die Drüse seiner Seite, die vom Bauchstrange, und zwar hauptsächlich vom Verbindungsstrange zwischen Unterschlund- und erstem Brustganglion, stammenden Wurzeln ziehn längs des Ausführungsganges dahin und treten mit einem der Drüse eigenthümlichen strangartig entwickelten Gangliensystem in Verbindung, das auch hier enge Beziehungen zu der Scheide der Tracheen zeigt. — Zweige des letztern und der direkt hinzutretenden Nerven bilden nun ein Geflecht, das in den Interstitien der Läppchen erster, zweiter und dritter Ordnung und an der Oberfläche des Gesammtorgans sich ausbreitet. Da die Läppchen nur durch spärliche isolirte Bindegewebsbrücken unter einander verbunden sind, so lassen sie sich durch Zug leicht aus einander legen und man hat dann die Nervennetze in dem Interstitium ganz frei vor sich liegen. Aus dem Netze treten zahlreiche Nerven an die Propria der Endläppchen heran, stärkere und schwächere, die stärkern für mehrere, die schwächern für das eine, mit dem sie sich verbinden, bestimmt. Die, mehrere benachbarte Läppchen versorgenden stärkern Nerven verlaufen mit der Aussenfläche der Membrana propria verbunden und überspannen brückenartig die Einschnitte zwischen den Endläppchen, die die Peripherie der Drüse zeigt. Nicht minder klar ist das Verhältniss der Nervenendäste zu den Endläppchen, d. h. den letzten Portionen der Drüse, die ohne Zerreissung des Sackes der Membrana propria, der sie umschliesst, nicht weiter getheilt werden können. Sie mögen daher Acini genannt werden, obgleich sie dem innern Baue nach von dem uns geläufigen Schema eines »Acinus« in wesentlichen Stücken abweichen.

Der Nervenendast erweitert sich in der Regel conisch bei der Verbindung mit dem Acinus und dieser Conus mag der Fuss des Nerven heissen. An demselben geht die Nervenscheide sich zeltartig erweiternd, kontinuirlich in die Propria des Acinus über, eine strukturlose Membran in die andere. — Die Scheide ist sowohl an den Nervenstämmen, wie an den Endzweigen sehr geräumig für den Inhalt, so dass an den letztern die den Nerv zusammensetzenden Fibrillen bald von einander gelockert sich durch das ganze Rohr der Scheide vertheilen, bald mehr an einander gedrängt einen kompaktern Axenstrang herstellen, dass ein durchsichtiger Raum

zwischen Scheide und Axenstrang frei bleibt. Stets aber erscheint an diesen Nerven der Axenstrang deutlich fibrillär. Zwischen den Fibrillen finden sich namentlich an den Knotenpunkten der Geflechte, aber auch im Verlauf der Zweige Kerne mit sie umgebender spärlicher feingekörnter Masse.

Am Fusse des Nerven erweitert sich der von der Scheide umschlossene Raum noch etwas mehr und zwischen ihnen finden sich meist mehrere der eben erwähnten von Punktmasse umgebenen Kerne. Indem also die Scheide des Nervenfusses in die Propria des Acinus übergeht, treten die Nervenfibrillen unmittelbar an die 1 bis 2 nächsten Drüsenzellen heran.

Alle diese Verhältnisse: der Nervenreichthum überhaupt, die zahlreichen an die Läppchen herantretenden Nerven, das Verschmelzen der Nervenscheide mit der Propria und das Eindringen der Nervenfibrillen in das Innere des Acinus lassen sich an den Speicheldrüsen der Blatta orientalis leicht beobachten. Eine besondere Präparation der Drüse ist hierzu kaum erforderlich. Ich empfehle aber doch vor allem Andern die Behandlung mit Osmiumsäuredämpfen nach Hensens Vorgange[1]). Man hat den Grad der Einwirkung hierbei ganz in seiner Hand und kommt in wenigen Minuten zum Ziel, wenn man den Objektträger, auf dem der frisch dem Thier entnommene Oesophagus mit beiden anhängenden Drüsen und den beiden Saugmagen ausgebreitet ist, über die Oeffnung eines Osmiumsäure in Substanz enthaltenden Gläschens stülpt. Nachdem die Masse sich gebräunt hat, hat die Drüse eine zur Isolirung bequeme Consistenz gewonnen, die Läppchen lassen sich nun aus einander ziehn, die Nervengeflechte und Nervenäste spannen, ohne dass Verzerrung eintritt. Für die Untersuchung der Drüsenzellen selbst hat die Behandlung mit Osmiumsäure, seien es die Dämpfe, sei es Lösung, grosse Vortheile vor jeder andern Methode. Man sieht dann Strukturverhältnisse, die sonst nicht klar zum Ausdruck gelangen.

Bei der Leichtigkeit, mit der das Material zu beschaffen ist und der Einfachheit der Präparation wird Jeder sich von den bisher erwähnten Verhältnissen leicht überzeugen können und, ich zweifle nicht daran, mir darin beistimmen, dass dies Objekt die Fundamentalfragen dieser Controverse endgültig löst.

1) Arch. f. Ohrenheilkunde. VI. Bd. pag. 30.

Etwas Anderes ist es um die Frage nach dem »Wie« des Zusammenhanges von Nervenfibrillen und Drüsenzellen.

Auf den ersten Blick ist man geneigt anzunehmen, namentlich wenn die Drüse mit erhärtenden Substanzen, Alkohol, Chromsäure, Osmiumsäure, behandelt ist, dass der ganze Fibrillenstrang, der durch die Behandlung kompakter geworden ist, vollständig in die nächste, oder die beiden nächsten Zellen eintritt; das ist nun nicht der Fall. — Am besten untersucht man diese Verhältnisse an der frischen Drüse unter Jodserum. Es tritt dann sehr bald eine Lockerung zwischen der Propria und den Drüsenzellen ein. Dasselbe geschieht an der Stelle des Nerveneintritts und man kann mittels leichten Zuges an dem Nerven, durch Verschiebung des Deckglases ausgeführt, den Raum innerhalb der zeltförmigen Erhebung der Propria vergrössern, so dass Verlauf und Vertheilung der ihrerseits mehr aus einander weichenden Nervenfibrillen in diesem Raume bis zu dem frei gelegten Rande der nächsten Zellen vollständiger als vorher zu übersehn ist. —

Arbeitet man nun mit Vergrösserung von mindestens $^{800}/_{1}$, so überzeugt man sich, dass der grösste Theil der Fibrillen nach dem Eintritt in den Acinus an den nächsten Zellen vorüber ins Innere streicht; in die mit freier Aussenfläche vorliegenden Zellen treten nur ganz wenige, je 2—4 isolirte Fibrillen ein.

Diese verschmelzen nicht derart mit der Substanz der Zelle am Berührungspunkte, wie man sich früher etwa das Verhältniss zwischen Axencylinder und Nervenzelle vorstellte, ehe Max Schultze auf den fibrillären Bau der Axencylinder aufmerksam gemacht hatte, sondern der feine Faden lässt sich als solcher noch eine Strecke weit in die Zelle hinein verfolgen, ist also von der Substanz, in die er eingebettet ist, differenzirt.

Da lag es zunächst nahe, nach einer Verbindung mit dem Kern suchen. Indessen haben sich mir durchaus keine Anhaltspunkte ergeben, die auf eine direkte Vereinigung beider Theile schliessen lassen. Nicht nur, dass es nicht gelang, eine Fibrille auf dem ganzen Wege durch die Zelle bis zum Kern zu verfolgen, — was als negatives Ergebniss bei der Feinheit des Fadens und der wenig pelluciden Beschaffenheit der Zellsubstanz nicht ins Gewicht fiele —, es ist auch häufig die Richtung der Fibrille beim Eintritt und, so weit sie zu verfolgen, eine vom Kern abgewandte, in der Verlängerung an demselben vorüberführende. Eher noch hat es mir scheinen

wollen, dass die Fibrilien in ihrer Richtung gegen ein anderes in den peripherischen Zellen des Acinus enthaltenes Gebilde convergirten, eine eigenthümliche birnförmige Kapsel, die man an mit Osmiumsäure behandelten Präparaten deutlich sieht. Hohl im Innern und von einer relativ mächtigen strukturlosen Hülle umschlossen, könnten diese Kapseln für intracelluläre Nervenendapparate gehalten werden, wenn nicht ihre Verbindung mit den Ausführungsgängen eines Bessern belehrte. Jede dieser Kapseln setzt sich in einen aus der Zelle austretenden feinen Kanal fort in der Richtung zum Centrum des Acinus und diese Kanäle münden in stärkere, die an der Struktur ihrer Intima mit Sicherheit als intraacinäre Aeste des Ausführungsganges zu erkennen sind. Es sind demnach die Kapseln nichts Anderes, als die letzten blinden Enden des ausführenden Kanalsystems, die von einer verdickten Intima umschlossen im Innern der Secretionszellen des Acinus gelegen sind, derart, dass jede Endkapsel des Intimarohrs eines Zweiges letzter Ordnung von einer einzigen secernirenden Zelle becherartig umschlossen wird. Das feine Kanälchen, als Intimaröhrchen gedacht, das aus der kapselhaltigen Zelle austritt — meistens übrigens vereinen sich die beiden Kapseln zweier benachbarter Zellen zu einem Röhrchen — verhält sich bereits anders zu den dasselbe umschliessenden Zellen, indem es im Querschnitt von mindestens zwei Zellen umgeben wird, in der Weise also, wie gegenwärtig, meiner Meinung nach mit Recht, das Verhältniss der Gallencapillaren zu den Leberzellen der Säugethiere dargestellt wird. Indem nun mit der Zunahme des Kalibers der ausführenden Kanäle sich allmälig die Grösse der die chitinisirte Intima umschliessenden Zellen verringert, wird das Lumen successive von immer zahlreichern Zellen umringt, so dass der aus dem Acinus austretende Ast einen von Cylinderzellen umgebenen Querschnitt zeigt, wie ein Speichelrohr der Submaxillaris. Es sind nun vorherrschend die kapselhaltigen, an der Peripherie des Acinus gelegenen Zellen, in die ich die Nervenfibrillen in der beschriebenen Weise habe eintreten sehn und ich erwähnte bereits, dass ich im Allgemeinen häufiger eine Richtung der gesondert in die Zelle eindringenden Fibrillen gegen die Kapsel, als gegen den mehr excentrisch gelegenen Kern beobachtet habe. Indessen nehme ich auch nicht einen direkten Verlauf der Fibrillen zu dieser Kapsel hin an, denn es theilt sich die Fibrille nach dem Eintritt in die Zelle noch weiter. Mit Sicher-

heit habe ich mehrmals eine zweimalige gabelförmige Spaltung auf der halben Strecke von der Peripherie der Zelle bis zum Centrum derselben wahrgenommen. Ich schliesse daraus auf eine komplicirtere, bis jetzt allerdings noch nicht bestimmbare Struktur der Zelle. Eine eingehendere Darlegung dieser Verhältnisse, mit deren Untersuchung ich im Verein mit einem Schüler, Herrn Stud. H. Arp, beschäftigt bin, wird demnächst erscheinen.

Denjenigen der Fachgenossen, die diese Mittheilung einer Prüfung zu unterziehen geneigt sind, bemerke ich, dass erwachsene Exemplare der Blatta orientalis sich weniger zu dieser Untersuchung eignen, als jüngere, etwa 1 Cm. lange.

Kiel, im November 1872.

Kurze Mittheilungen aus der Entwicklungsgeschichte der Unke.

Von

Dr. Alexander Goette.

Ueber die Entwicklung des Eierstockseies, die Vorgänge bei der Dottertheilung und die Bildung der Keimblätter habe ich schon in früheren Mittheilungen das Wichtigste bemerkt. Hier setze ich dieselben fort und beginne daher mit der Bildung der Embryonalanlagen in den einzelnen Keimblättern.

Das obere Keimblatt. Es besteht aus zwei Zellenschichten, einer festeren hautartigen oberen und einer locker gefügten tieferen. Die letztere führt die Umbildungen des Keimblattes wesentlich herbei, die andere schliesst sich denselben meist nachträglich und ohne morphologische Veränderungen an; daher nenne ich jene die active, diese die passive Schicht des oberen Keimblattes. Die erste Umbildung der anfangs ziemlich gleichmässigen activen Schicht besteht darin, dass ihre Zellen von der Bauchseite theilweise auswandern, um sich an der Rückenseite in der Axenplatte anzusammeln. Diese Platte ist anfangs oval und ihre Verdickung ragt nach innen vor, woselbst sie im mittleren Theile ihrer Länge durch den Axenstreif, eine mediane, aufwärts vorragende Leiste des mittleren Keimblattes eingedrückt erscheint. Auf diese Weise erhält das Mittelstück der Axenplatte zwei seitliche Bäuche, die Medullarplatten, welche durch ein dünneres Verbindungsstück zusammenhängen; im Kopftheile wird diese Scheidung ebenso wie in der Schwanzgegend unkenntlich, da der Axenstreif in diesen Regionen verstreicht. Die ovale Form der Axenplatte geht alsbald in eine birnförmige über, indem ihre hintere Hälfte sich verschmälert,

in gleichem Maasse aber auch länger wird. Die vordere Hälfte oder der Kopftheil bleibt einstweilen unverändert und tritt dadurch gegenüber dem beständig schmäler und länger werdenden Rumpftheile als eine breite mehr als halbkreisförmige Platte hervor.

Die Zellenansammlung zur Bildung der Axenplatte findet ihren Abschluss, sobald die übrige active Schicht auf eine einzige Zellenlage reducirt ist. Ausserhalb der Axenplatte bildet sie die Linse des Auges und die drei Seitennerven, um darauf mit den anliegenden peripherischen Theilen der passiven Schicht, welche für sich allein wieder die drüsigen Haftorgane erzeugt, zur Oberhaut zu verschmelzen, deren spätere Erzeugnisse (Drüsen) daher nach jenen zwei ursprünglichen Schichten nicht mehr gesondert werden können.

Der Kopftheil der Axenplatte wird durch eine von unten eindringende Spalte in einen centralen runden, und einen denselben hufeisenförmig umkreisenden peripherischen Abschnitt geschieden — die Hirn- und die Sinnesplatte. An der hinteren Grenze des Kopftheils gehen beide ungetrennt in die Medullarplatten über, deren lateraler Saum (später der hintere Rückenmarkstrang) also der Sinnesplatte entspricht. Die letztere hat verschiedene Schicksale in der hinteren und der vorderen Hälfte des Kopftheils. Dort bleibt sie von der Hirnplatte gesondert und zieht sich zur Anlage des Ohrbläschens zusammen, welches bekanntlich nur von der aktiven Schicht gebildet wird. An den Seiten der vorderen Kopfhälfte hört die Scheidung der Hirn- und Sinnesplatte alsbald wieder auf, indem die letztere in die Hirnplatte ganz aufgenommen wird, dort den Seitentheil desselben bildet, welcher zur Bildung der Augenblase verwandt wird. Der unmittelbare Uebergang dieses Abschnittes der Sinnesplatte in die Anlage der Sehnerven und der Netzhaut lässt sich am Batrachierembryo allerdings nicht nachweisen; ganz unzweifelhaft erscheint es aber an Embryonen der Knochenfische, an denen ich die Einsenkung zwischen beiden Platten in die Abschnürung der Augenblase übergehen sehe. — Am vorderen Umfange der Axenplatte bleibt jene Scheidung wiederum bestehen: seitlich entstehen aus der Sinnesplatte die beiden Geruchsplatten, das Mittelstück geräth durch die Vorwölbung des Vorderhirns unter dieses und wächst dann zwischen diesem und dem anliegenden Epithel der hinteren Mundhöhle erst trichterförmig, dann in Gestalt eines scheinbar soliden Zapfens nach hinten aus. Das Ende desselben bleibt entweder oder wird doch sehr bald hohl und

verwandelt sich, während die übrige Anlage, der Siel des angeschwollenen Endes verkümmert, in den Hirnanhang. Diese Entwickelung des Hirnanhanges ist aber nicht etwa auf die Batrachier beschränkt: an Säugethierembryonen finde ich es ganz ebenso, und beruht der Irrthum der bisherigen Auffassung einfach darin, dass man die frühzeitig schwindende Scheidewand zwischen der äusseren Mundbucht und der inneren Mundhöhle vor den Ausgangspunkt der Ausstülpungsbildung verlegte und diese erst in der geöffneten primitiven Mundhöhle entstehen liess. Ich sehe aber ihre Entwickelung vor der noch bestehenden Scheidewand, in dem Winkel zwischen dieser und der weit vorragenden Vorderhirngegend und zwar ganz offenbar vom oberen Keimblatte ausgehen.

Die Umbildung der Hirnplatte zu einem blasig geschlossenen Gebilde, dem Hirne, übergehe ich hier und will nur Einzelnes aus seiner späteren Entwicklungsgeschichte anführen. Für seine Morphologie sind namentlich zwei Punkte zu beachten: das Verhalten seiner Axe und seine ursprüngliche Eintheilung. Die Anlage des Hirns erscheint sehr frühe über das Vorderende der bleibenden Wirbelsaite etwa rechtwinklig nach unten abgebogen. Diese Knickung der Hirnaxe wird aber nicht, wie man bisher annahm, während der späteren Entwicklung wieder gehoben, sondern erhält sich vollständig auch im ausgebildeten Zustande des Hirns und wird nur durch das verschiedene Wachsthum der einzelnen Hirntheile verdeckt, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird. — Die einzige ursprüngliche Eintheilung der Hirnanlage ist durch die Knickung gegeben, indem an dieser Stelle schon frühzeitig eine Einschnürung erscheint, welche eine vordere und eine hintere Hirnhälfte scheidet. Jene sondert sich erst verhältnissmässig spät in den vorderen unteren Theil (Vorderhirn), welcher unter dem Niveau der hinteren Hirnhälfte (Hinterhirn) liegt, und dessen Axe senkrecht verläuft, und in das keilförmige Verbindungsstück zwischen jenen beiden Hirntheilen, das Mittelhirn, dessen anfangs ganz kurzer Hohlraum den Uebergang vom horizontalen zum senkrechten Verlaufe der Hirnaxe enthält.

Das ursprüngliche Vorderhirn umfasst die Gegend der dritten Hirnkammer mit ihrer abwärts gerichteten Fortsetzung bis zur Sehnervenplatte; seine ursprüngliche Basis (Hinterwand) weitet sich später zum Hirntrichter aus, während seine Decke (Vorderwand) zu den beiden hohlen Grosshirnlappen auswächst, welche also nicht etwa aus einer medianen Einschnürung des ursprünglichen Vorder-

hirns hervorgehen. Wenn also die Sehnervenplatte, die Mitte der anatomischen Hirnbasis, ursprünglich der Schlussseite des Vorderhirns angehört und gleichsam das Ende der Hirnaxe enthält, so wird der Weg von ihr zum oberen Theile der dritten Hirnkammer und von dort in die ursprüngliche Mittelhirnhöhle (den unteren Theil der späteren Höhle oder den aquaeductus Sylvii) der ursprünglichen Hirnaxe entsprechen, also stets wie diese aus dem horizontelen Verlaufe (aquaeductus S.) rechtwinklig nach unten gegen die Sehnervenplatte abgebogen erscheinen. Sowie die Grosshirnlappen hervorzuwachsen beginnen, verbinden sie sich mit den Geruchsplatten, indem einige zwischengeschobene Bildungszellen des mittleren Keimblattes eine Brücke zwischen beiden Organen herstellen; wo dieselbe mit dem Hirne zusammenhängt, entwickelt sich eine kleine Vorragung, der Riechnervenhügel, welcher unter dem hohlen Theile der Grosshirnlappen liegen bleibt. Indem nämlich aus der Vorderwand der letzteren solide und massige Fortsätze (lobi olfactorii ant.) hervorwachsen, rückt jener cerebrale Ursprung der Riechnerven nicht mit vor, sondern es zieht sich von dem Riechnervenhügel ein Strang aus, welcher dem soliden Hirnauswuchse bis zu dessen Vorderende eng angeschlossen bleibt und dort erst sich von demselben ablöst, um in den freien Riechnerven überzugehen. Dieser entspringt also nur scheinbar aus jenem Hirnauswuchse, und wenn sich ihm in späterer Zeit allerdings einige Nervenfäden aus dem letzteren hinzugesellen, so bleibt doch die eigentliche Ursprungsstelle immer der Riechnervenhügel. Der Ausdruck lobus olfactorius passt also für den bezeichneten Hirntheil nicht; dagegen ergiebt sich seine eigentliche Bedeutung aus dem späteren Verhalten. Die beiderseitigen Auswüchse verschmelzen nämlich zu einem Körper und denkt man sich die hohlen Abschnitte der Grosshirnlappen wie bei höheren Wirbelthieren nach allen Seiten, also auch über jene Verbindung hinaus erweitert, so springt die Homologie der letzteren mit dem vorderen Theile des Hirnbalkens in die Augen. — Der mittlere Theil der Decke oder des Gewölbes vom Vorderhirne wird in sehr früher Zeit ausserordentlich dünn, stülpt sich taschenförmig in die dritte Hirnkammer ein und verwandelt sich endlich, indem die Tasche von den äussern Hirnhüllen mit gefässreichem Bindegewebe gefüllt wird, in den epithelialen Ueberzug des daraus hervorgehenden Adergeflechtes. Dieses Epithel löst sich darauf aus dem Zusammenhange mit dem übrigen Hirne, wodurch das

Gewölbe des Vorderhirnes eine wirkliche Lücke erhält, durch welche das Adergeflecht von Anfang an in die dritte Aderkammer hineinhängt. Hinter der Lücke entwickelt sich in dem genannten Gewölbe die Zirbel. Ihre erste Anlage besteht in einer Substanzbrücke, welche beim Schlusse des Hirnes als letzter Rest von seinem Zusammenhange mit der Oberhaut zurückbleibt. Indem die Hirnhöhle sich in jene Substanzbrücke hineinzieht und dieselbe sich allmählich von der Oberhaut abschnürt, erscheint die Anlage der Zirbel als kleiner hohler Hirnauswuchs, welcher aber mit der Oberhaut stets in Berührung bleibt. Darauf sondert sich dieses Gebilde in einen bläschenartigen, der Haut anliegenden Theil und einen den letzteren mit dem Hirne verbindenden Stiel, welcher beständig länger und dünner wird und seine ursprüngliche Höhle verliert. Jene innige Anlagerung des Zirbelkörpers an die Oberhaut, welche niemals aufhört, lässt es natürlich erscheinen, dass derselbe bei der Bildung des Schädels ausserhalb des letzteren zu liegen kommt und bei jeder Abstreifung der Kopfhaut mit dieser entfernt wird. Vergleicht man nun die bisherigen Beschreibungen der Zirbel der Batrachier, so wird man sich leicht überzeugen, dass das wirkliche Organ bisher noch gar nicht gesehen oder erkannt worden ist, dass vielmehr das Adergeflecht damit verwechselt wurde. Die wirkliche Zirbel ist dagegen identisch mit der von Stieda beschriebenen „Stirndrüse des Frosches."

Am Hinterhirne finden sich weder ursprünglich, noch später Abtheilungen der ganzen Hirnröhre, welche Decke, Seitentheil und Basis zugleich umfassten, wie es beim Vorder- und Mittelhirn der Fall ist. Das verlängerte Mark entsteht vielmehr aus den vollständigen Seitentheilen und der Basis, also aus der ganzen untern Hälfte des Hinterhirnes; die obere Hälfte oder die Decke desselben zerfällt wiederum in einen kleinen vorderen Theil, welcher als Homologon des kleinen Hirnes bestehen bleibt, während der grössere hintere Theil sich vom Rande des verlängerten Marks und des kleinen Hirnes trennt und ähnlich wie es am Vorderhirne geschieht, sich in das Epithel eines Adergeflechtes verwandelt. Sucht man also nach gleichwerthigen Abschnitten des Hinterhirnes, so können als solche nicht das kleine Hirn und das verlängerte Mark, sondern nur das erstere und jenes Epithel des Adergeflechts gelten. Da nun alle diese Theile des Batrachierhirnes sich gerade so verhalten, wie das Hinterhirn an den Embryonen höherer Wirbelthiere,

namentlich das in den Batrachiern vorhandene Homologon des kleinen Hirns mit der ersten Anlage desselben in höheren Abtheilungen übereinstimmt, so dürfte das von den Batrachiern Gesagte auch für die übrigen Wirthelthiere Geltung finden.

Ueber die Bildung der Netzhaut und des Sehnerven bemerke ich Folgendes. Die Anlage des letzteren oder der hohle Stiel der Augenblase (Netzhaut) mündet am unteren Umfange derselben. Die sogenannte Einstülpung der stets abgeplatteten Augenblase entsteht in der Weise, dass ihr Rand nach aussen verwächst, also mit dem zurückbleibenden Grunde einen doppelwandigen Napf bildet; indem dieses Wachsthum aber an der Einsenkungsstelle des Sehnerven ausbleibt, kommt derselbe an das Ende einer jenen Rand tief ausschneidenden Kerbe zu liegen. Die Bedeutung dieses Augenspaltes sehe ich darin, dass der Sehnerv unmittelbar nicht nur in die äussere Schicht der Netzhautanlage oder das Pigmentepithel übergeht, was beim Fehlen des Spaltes einträte, sondern auch mit einem Theile seiner Masse von Anfang an sich direkt in die innere nervöse Schicht einsenkt. — Die Linse entwickelt sich als solide Wucherung der activen Schicht des oberen Keimblattes, welche erst nachträglich und ohne Vermittelung einer Einstülpung eine Höhle erhält. Indem die Aussenwand dieser Linsenblase sich verdünnt, die innere dagegen kugelförmig verdickt gegen die erstere vorragt, entsteht das Bild, welches die primäre Keimschicht mit der Dotterzellenmasse darstellt. Dieser Vergleich trifft um so mehr zu, als jene Aussenwand als Linsenepithel die übrige kugelige, eigentliche Linsenmasse allmählich medianwärts umwächst. — Der Glaskörper und die Hornhaut (ausgenommen das Epithel) sind Producte des mittleren Keimblattes. — Vom Gehörorgan führe ich nur an, dass der Hörnerv sich gleichfalls aus dem mittleren Keimblatte entwickelt, vom Geruchsorgan, dass die ursprüngliche Geruchsplatte nur die mediale Wand der Nasengrube bildet, während die laterale aus dem Seitentheile des Gesichts hervorwächst.

Aus der Entwicklungsgeschichte der drei höheren Sinnesorgane ergibt sich, dass ihre homologen Anlagen nicht in drei Einstülpungen: Nasengrube, Linsen- und Ohrbläschen zu suchen, sondern in den drei gemeinsam aus der Sinnesplatte hervorgehenden Grundlagen der empfindenden Apparate, der Geruchsplatte, dem Augen-, Ohrbläschen enthalten sind. — Das Geschmacksorgan enthält keine Elemente des oberen Keimblattes, sondern entwickelt sich vollständig im Bereiche des Darmblattes.

Schon während die Rückenmarksanlage sich in eine Röhre verwandelt, verwischt sich der Unterschied der activen und passiven Schicht in derselben. Darauf beginnt die Bildung der weissen Masse in der äusseren Zellenschicht des Rückenmarks. Dazu werden nur die äusseren Hälften der betreffenden Zellen verbraucht, indem sie in der Längsrichtung verschmelzend sich erst in eine durchsichtig homogene Masse verwandeln, in welchen später feinste Fasern erscheinen, von denen also eine grosse Anzahl auf den Querschnitt einer Zelle kommt. Die zugehörigen Zellenwände, soweit sie nicht in der Querrichtung schwanden, gehen an der Oberfläche des Rückenmarks in ein feines Häutchen, innerhalb der weissen Masse in die radialen von dem letzteren ausgehenden Scheidewände über. Die Zellen, welche die graue Masse erzeugen, verschmelzen mit einander, wobei ein Theil der Kerne mit der sie zunächst umgebenden Masse Nervenzellen bildet. Die übrigen Kerne und Zellen gehn in die Bildung der zwischenliegenden Nervenfasern und der bindegewebigen Zwischensubstanz ein. — Da die ursprüngliche Rückenmarksrinne bis in die Rusconi'sche Oeffnung hineinreicht, so setzt sich die daraus hervorgehende Röhre in den Darmkanal fort.

Das mittlere Keimblatt im Rumpftheile. Der schon genannte Axenstreif desselben entsteht wie die Axenplatte des oberen Keimblattes aus einer Zellenansammlung von den Seiten und vom Bauche her und zerfällt in die Anlage der Wirbelsaite und die Segmentplatten, welche mit den sich an sie anschliessenden peripherischen Theilen des mittleren Keimblattes oder den Seitenplatten zweischichtig sind.

Die Anlage der Wirbelsaite wird sehr bald zu einem runden Strange, in dessen Zellen darauf durchsichtige Lakunen entstehen. Diese verdrängen allmählich die Zellsubstanz, so dass deren Reste mit den erhalten bleibenden Kernen schliesslich nur die Zwischenwände der Lakunen darstellen. Da aber innerhalb einer Zelle ebensowohl mehr als eine Lakune entstehen kann, als andererseits einige Lakunen unter einander zusammenfliessen, so gibt es solche mit mehren oder ohne Kerne; und da zudem die Zwischenwände einfach sind, so kann ich die bekannten grossen Fächer der Wirbelsaite nicht für Zellen halten. Alle ursprünglichen Zellen der Wirbelsaite erfahren dieselbe Umbildung; davon bleibt auch an der Oberfläche der Wirbelsaite keine intakte Zellenschicht zurück. Aus den dort befindlichen Zellenresten entwickelt sich aber die innere Chorda-

scheide. Die weiteren Schicksale der Wirbelsaite werden weiter unten angeführt.

Die Segmentplatten zerfallen in die Segmente, welche auch nach ihrer Trennung von den Seitenplatten zweischichtig bleiben — innere und äussere Segmentschicht. Während die letztere zu jeder Zeit aus einer einfachen Zellenlage besteht, zerfällt die innere Segmentschicht in ihrem grösseren oberen Theile in eine mediale Platte, welche dem Rückenmarke und der Wirbelsaite anliegt — das innere Segmentblatt, und die Muskelplatte, welche zwischen dem letzteren und der äusseren Segmentschicht liegt. Die Zellen dieser Muskelplatte verwandeln sich in je eine Muskelfaser; die einseitig medianwärts und oberflächlich angelegte Muskelsubstanz jeder Zelle verdrängt erst allmählich deren übrige Substanz und den Kern, welcher bis zum vollständigen Schwunde der Dottersubstanz ungetheilt aber verlängert der Muskelsubstanz anliegt. Während er sich darauf vielfach theilt, spaltet sich auch die Muskelsubstanz der Länge nach erst in einige, dann in immer zahlreichere Säulchen, zwischen welche die Kerne sich einschieben und so ins Innere der Muskelfaser gelangen. Die Cohnheim'schen Felder halte ich für den Querschnitt jener Säulchen. — In jedem innern Segmentblatte bildet sich zunächst eine spindelförmige, nach unten strangförmig verlängerte Zellenmasse, im verdickten oberen Theile die Anlage des Spinalganglions, im unteren Strange des Spinalnervenstammes. Das Ganglion entwickelt sich ähnlich wie die graue Rückenmarkssubstanz. Die grossen rundlichen Nervenzellen haben anfangs keine Fortsätze; darauf lagern sich aber mit Ausläufern versehene Kerne an die Zellen, verschmelzen mit ihrer Substanz und bilden so deren Fortsätze. Die Ganglien verbinden sich je mit dem oberen Ende und der unteren Hälfte mit dem Rückenmarke. Diese Verbindungen ziehen sich strangförmig aus und stellen so die zwei Nervenwurzeln vor, welche anfangs beide ins Ganglion münden. Erst später spaltet sich die untere (vordere) Wurzel bis zum gemeinsamen Stamme vom Ganglion ab, welches somit der oberen (hinteren) Wurzel allein verbleibt. Ebenso ist der Rückenzweig jedes Spinalnerven ein Auswuchs des Ganglions, welcher sich erst nachträglich von demselben abspaltet. — Die peripherischen Nerven entstehen aus Zellensträngen, welche in den Stämmen im Durchmesser mehrere Zellen enthalten, in den weiteren Zweigen aber aus einzeln mit einander zusammenhängenden Zellen hervorgehen. Aus der Verschmelzung dieser Zellen entwickelt sich wie in der

weissen Rückenmarksmasse eine feinfaserige mit Kernen besetzte Masse, und wenn, wie es wahrscheinlich ist, jede Faser einen Axencylinder oder eine marklose Nervenfaser bildet, so erhellt, dass jede Zelle nicht unmittelbar in eine Nervenfaser sich umbildet, sondern nach dem Verluste des eigenen Bestandes sich an der Erzeugung vieler Fasern betheiligt. — Die Marksubstanz entsteht aus kürzeren oder längeren Reihen von hellen rundlichen Körperchen, welche zwischen den Fasern auftreten und allmählich mit einander verschmelzen. Wie sie sich zur Scheide eines Axencylinders umbilden, konnte ich nicht ermitteln.

Die übrige Masse des inneren Segmentblattes liefert das „interstitielle Bildungsgewebe" in der Umgebung der bereits genannten dorsalen Anlagen. Aus diesem Gewebe sondert sich frühzeitig eine Zellenschicht, welche sich der Wirbelsaite anlagert und über deren innerer Scheide eine solche äussere bildet. Die Zellen dieser äusseren Chordascheide verschmelzen zu einer homogenen Grundsubstanz, in welcher die vermehrten und abgeplatteten Kerne liegen, um welche sich später an bestimmten Stellen die Leiber von Knorpelzellen absondern, so dass mit der Bildung der letzteren auch zugleich eine Zwischensubstanz gegeben ist. So entsteht der hyaline Knorpel überall. Die Knorpelbildung der äusseren Chordascheide vollzieht sich in deren oberer Hälfte, welche sich ansehnlich verdickt, namentlich entsprechend der Mitte jeder Muskelplatte, wo sie die Wirbelsaite durch quere Wülste tief einschnürt (Intervertebral-Knorpel). Die untere Hälfte der äusseren Chordascheide wird bindegewebig und liefert später Periost und Bandmasse. Während dieser Entwickelung der Wirbelkörper schrumpft die Wirbelsaite und plattet sich unter der genannten Knorpelmasse ab, wobei sie natürlich durch die röhrenförmige äussere Chordascheide stets in die embryonalen Wirbelkörper, wenn auch nicht in deren Knorpelmasse eingeschlossen bleibt. Auch geht sie durchaus nicht vollends zu Grunde, sondern indem sich ihr Fachwerk auflöst, bilden sich um die freien Kerne Knorpelzellen, deren ganze Masse sich alsdann dem übrigen Wirbelkörper anschliesst.

Ebenso wie die äussere Chordascheide sondern sich aus dem bezeichneten interstitiellen Bildungsgewebe an den Grenzen der Muskelplatten die Anlagen der Wirbelbögen ab. Diese entwickeln sich aber nicht gleich in ihrer ganzen Ausdehnung aus einer kontinuirlichen skeletogenen Schicht, sondern aus ganz kleinen, jener Chordascheide aufsitzenden Zellenhaufen und wachsen erst allmählich zu

Knorpelspangen aus. Die beiderseits korrespondirenden verwachsen aber nicht einfach in senkrechten queren Ebenen zu Ringen, sondern jede Spange hat einen senkrechten und einen sich daran rückwärts anschliessenden horizontalen Abschnitt, worauf sie sich erst medianwärts wendet, um über dem Rückenmarke mit der anderseitigen sich zu verbinden. Mit den dadurch entstandenen Ecken berühren sich die benachbarten Wirbelbögen von Anfang an und entwickeln daselbst ihre Gelenkfortsätze. Das früh verknöchernde Perichondrium zieht sich von der äusseren und der inneren Fläche jedes Wirbelbogens auf den folgenden hinüber; diese zweiblättrige Schicht verknöchert auch innerhalb des Rahmens, den jeder Wirbelbogen durch seine Biegungen über dem Rückenmarke bildet, verleiht ihm dadurch die spätere Breite seines oberen Theiles und gleicht seinen ursprünglich gebogenen Verlauf aus. — Aus dem aufsteigenden Theile jedes Wirbelbogens entspringt eine lateralwärts gerichtete Knorpelspange, welche in die Muskelplatte hineinwächst und sie auf diese Weise in eine obere und eine untere Masse theilt. Das Wurzelstück dieser Spange wird zum Querfortsatze des Wirbels; ihr lateraler Abschnitt sondert sich durch ein unvollkommenes Gelenk von ihm ab und stellt mit seinem verknöcherten Körper und dem knorpelig bleibenden freien Ende eine Rippe dar. Doch verschmelzen diese Rippen einige Zeit nach der Larvenmetamorphose mit ihren Querfortsätzen, so dass nur an einzelnen Wirbeln sich die Spuren der früheren Trennung erhalten.

Hinter dem neunten selbstständigen Wirbel zeigen sich noch die Anlagen von vier weiteren Wirbeln, welche jedoch so vollständig zu einer Röhre verwachsen, dass jederseits nur noch zwei Zwischen-Wirbellöcher die früheren Grenzen des 10.—12. Wirbels andeuten. Die Bildung dieses hintersten Abschnittes der Wirbelsäule weicht aber insofern ab, als auch an der Bauchseite der Wirbelsaite sich ein Knorpelstreif bildet, so dass die letztere allseitig von Knorpel und Knochen umschlossen wird. Ihr im Larvenschwanze befindliches freies Ende wird während der Verkümmerung desselben unter Bildung von zahlreichen Querfalten zusammengeschoben, ehe es ganz verloren geht.

Um die Entwickelung der übrigen Erzeugnisse des interstitiellen Bildungsgewebes, welches übrigens nicht nur aus dem inneren Segmentblatte, sondern auch an anderen Stellen des mittleren Keimblattes entsteht, zu verstehen, muss man seine eigene ursprüngliche Bildung kennen. Seine erste Anlage besteht aus einer

Zellenmasse, deren indifferente Elemente sich allseitig berühren. Mit einer Vergrösserung des für diese Anlage bestimmten Raumes ergiesst sich eine Flüssigkeit zwischen die Embryonalzellen und drängt sie auseinander; dabei ziehen sich die mehrfachen zwischen ihnen bereits entstandenen Verbindungen zuerst in Form kurzer Brücken, dann fadenförmig aus. So besteht das genannte Gewebe alsbald aus einem Netzwerke zusammenhängender Zellen, dessen Zwischensubstanz von aussen herzukam. Dieses Netzwerk nimmt zu und breitet sich aus durch die einwandernden embryonalen Blut- oder Dotterbildungszellen, welche hier und dort hängen bleiben, Fortsätze ausziehen und bei der stetigen Wachsthumsverschiebung des Ganzen neue Verbindungen finden, um endlich vollständig in dasselbe sich einzufügen. Diese Zellen, welche als erste embryonale Wanderzellen allen Geweben neue Elemente zuführen, stammen aus den Anlagen der Hauptgefässe, welche als Intercellulargänge aus dem Bildungsgewebe hervorgegangen, anfangs netzförmig durchbrochene Wände haben, so dass die Blutzellen leicht hinaustreten können. Anders wie die grossen Gefässstämme entwickeln sich die kleinen Gefässe: indem der Inhalt einzelner Zellen des Bildungsgewebes sich verflüssigt und diese kleinen mit Flüssigkeit gefüllten Räume durch die überall vorhandene Zellenverbindung mit einander zusammenfliessen, entstehen kürzere oder längere Intracellularräume, welche mit den schon vorhandenen Gefässen anfangs nur durch das allgemeine Zellennetzwerk zusammenhängen und erst nachträglich durch fortgesetzte Kanalisation der zwischenliegenden Theile zusammenfliessen. Später geht die Bildung neuer Gefässe allerdings von den schon bestehenden aus, aber ebenfalls nur durch die Aushöhlung jenes Zellennetzes, welche in diesem Falle vom drängenden Blutstrome ausgeht. Die bisherige Lehre von der Gefässbildung kann ich nicht bestätigen. — Aus der speziellen Entwicklungsgeschichte des Gefässsystems hebe ich nur die Thatsache hervor, dass die hintere Hohlvene mit ihrer vorderen Hälfte im Lebergekröse entsteht, am grösseren hinteren Abschnitte aus den Kardinalvenen hervorgeht.

Das fibrilläre Bindegewebe entsteht in der Weise, dass einige Zellenstränge des Netzwerkes zu stärkeren Balken oder Blättern verschmelzen, in denen die einzelnen Zellen untergehen. Aus der Masse der Zellenleiber gehen die Bindegewebsfibrillen hervor, denen die freien Kerne als die eigentlichen Bindegewebskörperchen angefügt bleiben. Alle wirklich zelligen Elemente des Binde-

gewebes sind nachträglich eingewanderte, welche in den Bestand des genannten Gewebes nicht eingehen, also auch eigentlich nicht zu demselben gehören. Die Zwischenräume der Bindegewebsmassen werden zu Lymphräumen, wohl zu unterscheiden von den intracellulären Lymphgefässen, welche genau so wie die secundären Blutgefässe entstehen, so dass auch das lymphatische Gefässsystem zwei dem Blutgefässsystem entsprechende Entwicklungstypen hat.

Wenn die schon beschriebenen Muskelplatten nur für die Wirbelsäule bestimmt sind, so entwickeln sich die übrigen Muskeln der Leibeswand nebst den Gliedmassen und allem zugehörigen interstitiellen Bildungsgewebe dennoch gleichfalls aus den Segmenten und zwar in den auswachsenden Segmentschichten. Die bisher betrachteten Körpertheile entstanden aus der grösseren oberen Hälfte des inneren Segments. Die untere Hälfte wächst mit der äusseren die dorsale Muskelplatte deckenden Segmentschicht zwischen der Oberhaut und den Seitenplatten hautartig abwärts, so dass die beiderseitigen inneren und äusseren Segmentschichten am Bauche zusammentreffen. Die innere Segmentschicht behält die segmentale Eintheilung und schiebt sich mit ihrem vorderen Ende an der Bauchseite des Kopfes, welcher eine solche Embryonalanlage nicht besitzt, bis zum Unterkiefer vor. Hinten umgreift sie den Afterdarm, um dicht über ihm zu endigen. In dieser Schicht entsteht in ganz dünner Lage der mittlere Bauchmuskel, welcher jederseits vom Rücken bis zur Bauchseite abwärts reicht. Die Entwicklung seiner Fasern unterscheidet sich aber nicht unwesentlich von der schon beschriebenen, in den dorsalen Muskelplatten beobachteten. Jede Faser entsteht nämlich nicht aus je einer, sondern aus mehreren mit einander verschmelzenden Zellen; und ebenso verhält es sich in allen übrigen noch zu erwähnenden Muskeln. Während der Larvenzeit schiebt sich der mittlere Bauchmuskel abwärts zusammen und sondert sich in die Mm. genio- und sternohyoidei, rectus abdomnis und perinealis. Zwischen den m. sternohyoideus und rectus abdominis bildet sich jederseits ein bauchrippenähnliches Skeletstück; beide verschmelzen nach vorn convergirend in der Bauchlinie und bilden die Schenkel des als Hyposternum der Unke bekannten Skeletstückes. Bei den Tritonen geht das Mittelstück des genannten Bauchmuskels nicht vollständig in einen m. rectus abdominis auf, sondern zerfällt in einen solchen und einen m. obliquus internus. — Die äussere Segmentschicht erzeugt die beiderlei Gliedmassen, ausser-

dem zwischen ihnen den m. obliquus externus und zwischen Kopf und Schultergürtel noch den m. sternocleidomastoideus, welcher von jenem Gürtel getrennt entsteht, wogegen der m. omohyoideus zu demselben gehört. Die breite, mediane Platte des Hyposternum bildet sich getrennt von dem Bauchrippenstück und verbindet sich erst nachträglich mit demselben. — Der m. quadratus lumborum gehört dem Beckengürtel an und rückt erst nachträglich in seine bleibende Lage vor. — Ausser den genannten Muskeln gibt es noch einen inneren Bauchmuskel (m. transversus abd.), welcher aber aus keiner morphologischen Embryonalanlage, sondern verhältnissmässig spät unmittelbar auf dem parietalen Bauchfelle und neu eingeführtem Bildungsgewebe hervorgeht.

Die Seitenplatten wachsen mit ihren medialen Rändern zwischen den Segmenten und dem Darmblatte gegen die Medianebene, wo sie sich zwischen der Wirbelsäule und dem Darme vereinigen. Von ihren beiden Schichten, die alsbald auseinandertreten, um die Bauchhöhle zu bilden, verwandelt sich das äussere, der Leibeswand anhaftende Parietalblatt in den parietalen Bauchfelüberzug, und das dem Darmblatte anliegende Visceralblatt in das ganze viscerale Bauchfell und darunter in die bindegewebigen und muskulösen Theile des Darms und seiner Anhangsorgane. Durch Ausstülpung aus dem Parietalblatte entsteht ferner die Urniere mit ihrem Ausführungsgange; sie besteht aus dem aufgeknäuelten Ende des Ganges, welcher zuletzt dreiarmig in die Bauchhöhle mündet. Gerade gegenüber dieser Mündung liegt der Gefässknäuel, welcher aus dem Visceralblatte hervorgeht. Die bleibende Niere entwickelt sich gleichfalls aus der Seitenplatte, indem deren mediale Falte zwischen dem Urnierengange und der Aorta in den Retroperitonealraum hineinwächst, sich darauf abschnürt und in eine Reihe getrennter kleiner Schläuche zerfällt. Diese wachsen zu den Harncanälchen aus, ihre soliden kolbigen Enden verwandeln sich in Gefässknäuel. Medianwärts von den Nieren entwickelt sich die leistenförmige Anlage der Geschlechtsorgane aus dem Parietalblatte; anfangs sind dieselben für beide Geschlechter gleich, aus Follikeln zusammengesetzt: die in der eingeschlagenen Richtung fortlaufende Entwicklung derselben liefert den Eierstock, ein gewisser Stillstand und Rückgang in derselben die Hoden. Der Hermaphroditismus der gemeinen Kröte beruht darauf, dass das in der Entwicklung voraneilende Kopfende des indifferenten Geschlechts-

organes, sowie es dem jungen Eierstocke die grössten Eifollikel liefert, bei dem Eintritte der Hodenentwicklung bereits zu weit vorgeschrittene Follikel enthält, um dieselben noch in Hodenschläuche verwandeln zu können.

Das mittlere Keimblatt im Kopfe. Im Kopftheile erscheint die Anlage der Wirbelsaite anfangs bis unter das Vorderhirn fortgesetzt; doch schwindet dieser ihr vorderster Abschnitt sehr bald. Die Segmentplatten zerfallen jederseits in vier Segmente, von denen das erste Paar der vorderen Stirnhälfte anliegt, die drei übrigen die Seiten des Hinterhirnes einnehmen, eines vor, die beiden andern hinter dem Ohrbläschen. Die äussere Segmentschicht oder die vier äusseren Segmente überwiegen die inneren bedeutend und wachsen an der Seite hinab, während die letzteren auf die Rückenseite beschränkt bleiben. Die Seitenplatten verschwinden im Vorderkopfe ganz, im Hinterkopfe erhalten sie sich in der Schlundwand theilweise, vollständig in dem darunter befindlichen Herzraum. Die sehr verwickelte Umbildung des Kopfes aus jenen einfachen morphologischen Elementen im kurzen Auszuge darzustellen, ist unmöglich; daher beschränke ich mich hier darauf, die Erzeugnisse der einzelnen Segmente aufzuzählen, wobei deren Homologien bereits erkennbar werden.

Das erste innere Segment liefert die Augenmuskeln, deren Nerven mit den n. nasalis trigemini aus einer gemeinsamen Anlage hervorgehen; ferner das erste Wirbelbogenpaar des Kopfes (Rathke's seitliche Schädelbalken), welches zur Grundlage der vorderen Schädelkapsel wird. Aus der vorderen Vereinigung beider Bögen wächst die Nasenscheidewand, der Zwischen- und Oberkieferknorpel hervor. Das Schädeldach ist niemals vollständig knorpelig, so dass die später knorpelfreien Theile erst durch Resorption entständen, sondern die seitlich hervorwachsenden Knorpelbrücken sind vielmehr anfangs unter der Knochenplatte viel schmächtiger als später. Während der Larvenzeit besteht eine rudimentäre Anlage eines harten Gaumens und eines Nasenrachenganges, welche später schwindet. Das erste äussere Segment erzeugt die Kaumuskeln mit den beiden Kiefernerven, deren gemeinsames Ganglion mit demjenigen der Nasen- und Augennerven zum Gasser'schen Nervenknoten verschmilzt. Ferner stammen noch von demselben Segmente die Lippenmuskel ab. Das zugehörige Skeletstück umfasst zunächst einen Knorpelbogen, welcher von vorn nach hinten das Gaumen-, Flügel-, Quadratbein und den grossen Flügelknorpel (ala magna) enthält; endlich den

früh abgesonderten Unterkiefer. — Die drei inneren Segmente des Hinterkopfes entwickeln Muskelplatten, welche als eine Fortsetzung derjenigen des Rumpfes erscheinen, aber noch während der Larvenzeit schwinden. Neben ihnen entsteht die hintere Schädelbasis, in deren continuirlicher Anlage die Wirbeleintheilung fehlt. Mit Rücksicht auf die Entwicklung des gleichfalls ungegliederten Schwanztheils der Wirbelsäule, wo auf jedes Segment die Anlage eines Wirbels kommt, muss man aber jene Schädelbasis als drei Wirbeln entsprechend ansehen; deren Bögen jedoch nur am letzten oder den beiden letzten zur ringförmigen Entwicklung gelangen. Zwischen diesem occipitalen Wirbelringe und der vorderen Schädelbasis (erstes Wirbelbogenpaar) wird die seitliche Schädelwand vom eingeschobenen grossen Flügelknorpel (erstes äusseres Segment) und der Ohrkapsel gebildet; die Knorpelränder und -Brücken des entsprechenden Schädeldaches entstehen theils aus einem Fortsatze der vorderen Schädelkapsel (ala parva), theils aus dem occipitalen Wirbelringe.

Das zweite äussere Segment liefert die Muskeln des Zungenbeinbogens und einen Nervenknoten, aus welchem wie am Unterkieferbogen ein sensibler und ein motorischer Nerv hervorgehen (n. palatinus und n. facialis). Das ganze Zungenbein ist Erzeugniss von Resten der Seitenplatte, welche zwischen dem Herzraum und dem Unterkiefer zurückblieben; es ist daher weder diesem letzteren noch dem Brustbein homolog, während der ganze Unterkieferbogen und die beiden Gliedergürtel durchaus gleichwerthige Theile sind. Aus dem dritten und vierten Segmente entstehen Kiemenmuskeln, welche später theilweise sich in Schlundmuskeln verwandeln, und ferner zwei entsprechende Nervenstämme, der n. glossopharyngeus und der Stamm des n. vagus mit ihren Ganglien. Der letztere ist als einem einzigen Segmente angehörig, einfach angelegt, wird aber durch die Ausbildung des Kiemenapparates dreitheilig, für den zweiten bis vierten Kiemenbogen. Da der letzte Kiemenbogen gleichsam seine Bestimmung nicht erreicht, sondern sich in den Boden eines Vorhofs des Kehlkopfs verwandelt, so wird der dritte ursprüngliche Ast des n. vagus zum n. laryngeus anterior. Die übrigen Aeste des fertigen Vagus wachsen nicht aus ihm heraus, sondern sind selbstständige Nervenanlagen, welche sich erst nachträglich ihm anschliessen; so die aus der Oberhaut hervorgehenden nn. laterales superior et inferior und der in dem Visceralblatte der Speiseröhre entwickelte Eingeweideast, der scheinbare

Hauptstamm des n. vagus, dessen Entwickelung jedoch ihm eine von allen übrigen Nerven ganz verschiedene Stellung anweist. (Mit gleicher Selbstständigkeit entsteht der Sympathicus, dessen Verbindungen ebenso erst nachträglich sich vollziehen.)

Aus der Entwicklungsgeschichte der Kiemen will ich nur hervorheben, dass die Kiemenbögen noch vor der Ausbildung der äusseren Kiemen zu queren Platten auswachsen, so dass, sobald dieselben sich von einander entfernen, die früheren Spalten sich zu ansehnlichen Räumen erweitern, den inneren Kiemenhöhlen, welche sowohl gegen den Schlund einen gewissen Abschluss, als auch an ihren Wänden echte innere Kiemen (Rusconi's „filtre") besitzen Die bisher bekannten Kiemen sind nicht als äussere und innere, sondern nur als obere und untere Aussenkiemen zu unterscheiden.

Zum Kopfe gehörig muss noch das Herz mit der es umgebenden Höhle betrachtet werden, da es aus der ventralen Seitenplatte des Kopfes entsteht und zwar im Allgemeinen so, wie ich schon vor Jahren darstellte. Die Perikardialhöhle ist daher als eine Fortsetzung der Bauchhöhle anzusehen, welche aber von letzterer durch das Lumen versperrende Organe getrennt wird, in deren Umfange alsdann das Parietal- und Visceralblatt verschmelzen. Diese Organe sind an der Decke der Pericardialhöhle die Lungenwurzel, rückwärts die Leber.

Das Darmblatt. Es umschliesst anfangs den embryonalen Darmraum vollständig nur im Vorderdarme; im Mittel- und Hinterdarme bildet es gewissermassen bloss ein Dach über dem Darmraume, dessen Ränder ohne Abgrenzung in die Dotterzellenmasse übergehen. Die letztere ist die Keimstätte des embryonalen Blutes, welches an ihrer Oberfläche aus einer raschen Theilung einzelner Dotterzellen hervorgeht. Die zuerst isolirten Blutbildungsheerde fliessen netzförmig zusammen und dieses stets mit Blut gefüllte, rinnenartig in der Dotterzellenmasse ausgegrabene Gefässnetz breitet sich unter dem Visceralblatte so weit aus, bis es an die Leber und den darüber offenen, gleichfalls aus dem Visceralblatte hervorgegangenen Venensack gelangt, um dort das Herz zu füllen. — Nachdem die Blutbildung ihr Ende erreicht hat, umwächst das Darmblatt den Rest der Dotterzellenmasse, welcher im Darmraume aufgelöst wird, denselben dadurch erweitert und zugleich die erste Nahrung bietet (Nahrungsdotter). Das Darmblatt geht ins Epithel des Darmes und seiner Anhangsorgane — Schilddrüse, Lunge, Leber, Bauchspeicheldrüse, Harnblase — über. Denn auch die

embryonale Leber ist aus Drüsengängen zusammengesetzt; das bekannte Lebernetz besteht nicht aus soliden, sondern hohlen Sprossen, welche aber, wenigstens zum grössten Theile, nicht blind endigen, sondern sich unter einander verbinden. In den Zwischenräumen fliesst das Blut anfangs frei, die Leber ist wie ein Schwamm, welchen alles neue Dottervenenblut durchsetzen muss, um ins Herz zu gelangen. Da jene Bluträume von Anfang an nur wenige hintere Eingänge und vordere Ausmündungen besitzen, aber je tiefer ins Innere hinein, desto reicher mit der zunehmenden Verzweigung des Lebernetzes sich gleichfalls verzweigen, so sind ein zu- und ein abführendes Gefässsystem schon durch diese ursprüngliche Verhältnisse angelegt, ohne dass verschiedene Gefässe von mehreren Seiten hineinzuwachsen brauchten. — Die Bauchspeicheldrüse entsteht in ihrer Hauptmasse hinter der Leber mit einem Gange; eine kleinere Anlage sprosst rechts von dem Lebergange hervor und verbindet sich mit der ersteren. Während aber die beiden verhältnissmässig weit auseinanderliegenden Ausführungsgänge vergehen, wird ein dritter links vom Lebergange entstehender und über denselben die Bauchspeicheldrüse erreichender zum definitiven ductus pancreaticus.

Noch habe ich eine Bildung zu erwähnen, welche erst in der späteren Larvenzeit, nachdem die Embryonalanlagen als solche verbraucht sind, aus indifferentem Bildungsgewebe entsteht; es ist die Milz. Ihre Anlage ist ein kleiner solider Zellenhaufen im Mesenterium. Sobald die Dotterzellenmasse geschwunden ist, also auch die Bildung des Dotterblutes aufgehört hat, entwickeln sich in jener Anlage helle runde Zellen in zunehmender Anzahl, welche darauf in die Blutbahnen gespült zu den weissen Blutkörperchen werden, die den steten Ersatz des Blutes besorgen.

Die vorstehenden Mittheilungen stellen einen kurzen und zwar nur theilweisen Auszug aus einem gröseren Werke dar, welches bereits in Druck gegeben ist, dessen Erscheinen jedoch wegen seines Umfanges vor der zweiten Hälfte des nächsten Jahres nicht zu erwarten ist. Ich glaubte daher einige Resultate meiner Untersuchungen, welche mir besonders beachtenswerth erscheinen, hier vorausschicken zu dürfen.

4. September 1872.

Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung.

I. Die Construction von Mikroskopen auf Grund der Theorie. II. Die dioptrischen Bedingungen der Leistung des Mikroskops. III. Die physikalischen Bedingungen für die Abbildung feiner Structuren. IV. Das optische Vermögen des Mikroskops.

Von

Dr. E. Abbe,

ao. Professor in Jena.

I. Die Construction von Mikroskopen auf Grund der Theorie.

1. In den Handbüchern der Mikrographie findet man gelegentlich die Thatsache berührt, dass die Construction der Miksroskope und ihre fortschreitende Verbesserung bisher fast ausschliesslich Sache der Empirie, geschickten und ausdauernden Probirens von Seiten erfahrener Praktiker, geblieben ist. Hin und wieder wird auch wohl die Frage aufgeworfen: warum die Theorie, nach welcher man von der Wirkungsweise des fertigen Mikroskops genügend Rechenschaft geben kann, nicht zugleich die Grundlage für seine Herstellung geworden sei, warum man also nicht auch diese Art von optischen Instrumenten nach theoretisch entwickelten Rechnungsvorschriften construire, wie solches seit Fraunhofer mit dem Fernrohr und in neuerer Zeit mit den optischen Theilen der photographischen Camera so erfolgreich geschieht. Der Grund für das Fortbestehen des empirischen Verfahrens wird allgemein in technischen Schwierigkeiten gesucht — in der vermeintlichen Unmöglichkeit, bei der Ausführung der Mikroskopobjective vorgeschriebene

Maasse für die einzelnen Bestandtheile der Construction in der erforderlichen Genauigkeit einzuhalten. Auf den ersten Blick erscheint diese Erklärung in der That als durchaus plausibel; denn die Kleinheit der Dimensionen, welche zumal bei den stärkeren Objectiven unvermeidlich ist, lässt die Schwierigkeiten ihrer Herstellung nach exacten Maassen als ausserordentlich gross ansehen. Nichtsdestoweniger hat sich mir dieses Bedenken als unzutreffend herausgestellt, nachdem ich nähere Kenntniss erlangt hatte über die Einrichtungen und die technischen Verfahrungsweisen, die in einer wohlgeleiteten optischen Werkstatt bei der Construction der Mikroskope in Anwendung kommen. Die aufmerksame Berücksichtigung der wissenschaftlichen und technischen Hilfsmittel, die der praktischen Optik zu Gebote stehen, und die Abwägung der verschiedenartigen Schwierigkeiten am Leitfaden einer theoretischen Discussion der einschlagenden Bedingungen führte vielmehr zu der durch den schliesslichen Erfolg bewährten Ueberzeugung: dass für den dermaligen Stand der optischen Technik die Ausführung von Linsen und Linsensystemen nach vorgeschriebenen Maassen aller Elemente, in einer die richtige Wirkung verbürgenden Genauigkeit, nicht schwieriger, sondern eher leichter sei als die Erfüllung der anderweitigen Ansprüche, welche auf alle Fälle gestellt werden müssen, wenn die betreffenden Dinge überhaupt brauchbar sein sollen; und dass es mithin nur darauf ankommen werde, alle Momente der optischen Wirkung richtig in Rechnung zu stellen, um des Erfolges einer theoretischen Construction bei der technischen Ausführung sicher zu sein. Auf diese Ansicht hin habe ich denn in Verbindung mit Herrn C. Zeiss in Jena einen ernsthaften Versuch unternommen, der Construction der Mikroskope und ihrer weitern Vervollkommnung eine ebenso sichere theoretische Grundlage zu geben, wie die Herstellung astronomischer Fernrohre schon durch Fraunhofer gewonnen hat. Dank der Bereitwilligkeit, mit welcher Herr Zeiss mir hierbei entgegengekommen ist, indem er mir mehrere Jahre hindurch die ausgezeichneten Hilfsmittel und die tüchtigen Arbeitskräfte seiner Werkstatt zur Verfügung stellte, und Dank dem Eifer, mit welchem der kunstfertige Werkführer dieser Werkstatt und seine geschickten Gehilfen den einschlagenden Arbeiten sich unterzogen haben, ist dieser Versuch nach längeren Bemühungen zum Ziele gelangt. Seit einiger Zeit werden in der genannten Werkstatt Mikroskopsysteme, die einigermassen auf der Höhe der dermaligen Lei-

stungen stehen dürften, vom schwächsten bis zum stärksten, durchaus nach theoretischen Vorschriften ausgeführt.

Die betreffenden Constructionen sind dabei, auf Grund genauer Untersuchung der zu verwendenden Materialien, bis in die letzten Einzelheiten — jede Krümmung, jede Dicke, jede Linsenöffnung — durch Rechnung festgestellt, so dass alles Tatonnement ausgeschlossen bleibt. Von jedem zu verarbeitenden Glasstück werden zuvor die optischen Constanten an einem Probeprisma mittelst des Spectrometers gemessen, um Abweichungen des Materials durch geeignete Veränderung der Construction unschädlich zu machen. Die einzelnen Bestandtheile werden möglichst genau nach den vorgeschriebenen Maassen ausgeführt und zusammengesetzt, und nur bei den stärkeren Objectiven wird ein Element der Construction (eine Linsendistanz) bis zuletzt variabel gelassen, um mittelst desselben die unvermeidlichen kleinen Abweichungen der Arbeit wieder ausgleichen zu können. — Es zeigt sich dabei, dass eine hinreichend gründliche Theorie in Verbindung mit einer rationellen Technik, die alle Hilfsmittel benutzt, welche die Physik der praktischen Optik bietet, auch bei der Construction der Mikroskope die empirischen Verfahrungsweisen mit Erfolg ersetzen kann.

2. Im Laufe der Arbeiten, welche zu diesem Resultat geführt haben, hat sich nun herausgestellt, dass die bisherige Theorie des Mikroskops in wesentlichen Stücken sehr unvollständig ist. Die Art zunächst, wie die Bedingungen einer vollkommenen Abbildung und darauf hin die Ursachen der Unvollkommenheit discutirt werden, zeigte sich der wirklichen Sachlage, wie sie beim Mikroskop besteht, nicht entfernt gewachsen. Der Umstand, dass hier eine Grösse des Oeffnungswinkels in Frage kommt, wie sie bei keinem andern optischen Instrument wiederkehrt, macht namentlich die angenommenen Begriffe der Aberrationen durchaus unbrauchbar — schon für jede einigermassen erschöpfende und zutreffende Beurtheilung gegebener fertiger Mikroskope, geschweige denn für eine exacte Vorausbestimmung der Wirkungen einer erst auszuführenden Construction. Um für einen derartigen Versuch den erforderlichen Anhalt zu gewinnen, musste die theoretische Analyse der Wirkung eines Linsensystems von grossem Oeffnungswinkel auf eine viel breitere mathematische Grundlage gebaut und viel weiter in's Einzelne geführt werden, als bisher geschehen ist; wobei sich denn ergeben hat, dass die richtige Functionirung eines den heutigen Ansprüchen ge-

nügenden Mikroskopsystems von einer unerwartet grossen Anzahl selbstständiger Bedingungen abhängt, deren sachgemässe Würdigung nicht möglich ist ohne die Einführung mancher neuer Gesichtspunkte in die allgemeine Theorie des Mikroskops.

Die Ergänzung der Theorie nach dieser Seite hin war in der Hauptsache eine rein mathematische Aufgabe, welche mit den feststehenden Grundsätzen der Dioptrik vollständig zu erledigen war. Erfahrung und Experiment kamen dabei nur in soweit in Frage, als es sich darum handelte, die Erscheinungsform der einzelnen theoretisch nachweisbaren Fehlerquellen am fertigen Mikroskop kennen zu lernen und ihre sehr ungleiche Bedeutung für den praktischen Gebrauch des Instruments richtig in Anschlag zu bringen. Dagegen stellte sich in der bisherigen Kenntniss noch eine Lücke anderer Art heraus, welche nur durch erweiterte Erfahrung ausgefüllt werden konnte. Sie ist gekennzeichnet durch die unsichern, zum Theil einander widersprechenden Ansichten, welche über die Bedeutung des Oeffnungswinkels der Objective und die sogen. Functionen des optischen Vermögens, Definition und Auflösung, aufgestellt werden. Die Unsicherheit in diesem Punkte zu heben und eine deutliche Einsicht in die hier eingreifenden Bedingungen zu gewinnen, war die conditio sine qua non für jeden erfolgreichen Versuch in der angegebenen Richtung. Denn die Anforderung, welche an die Grösse des Oeffnungswinkels gestellt wird, giebt erst Maass und Richtschnur für die ganze Aufgabe. Alle Verhältnisse der Construction werden durchaus andere, je nachdem für ein Objectiv 40 oder 90 oder 150 Grad als Oeffnungswinkel vorgeschrieben wird. Welche Ansprüche aber in dieser Hinsicht rationell seien, blieb völlig zweifelhaft, so lange sich nicht die genaueste Rechenschaft von der wirklichen Bedeutung dieses Factors geben liess.

3. Die Untersuchungen, welche ich ausgeführt habe, um diese Frage selbstständig zur Entscheidung zu bringen, haben das Ergebniss geliefert, dass ein wesentliches Moment in der optischen Function des Mikroskops bisher gänzlich übersehen worden ist. Bei der Erklärung und Deutung der Wirkungen dieses Instruments hat man es nämlich als eine selbstverständliche Sache angesehen, dass die Abbildung der mikroskopischen Objecte in allen Stücken nach denselben dioptrischen Gesetzen erfolge, nach denen mikroskopische Bilder im Fernrohr oder auf der Platte einer Camera erzeugt werden; und man hat darauf hin stillschweigend vorausgesetzt, dass

alle optischen Functionen beim Mikroskop grade so wie bei diesen andern Apparaten durch die geometrisch definirbaren Verhältnisse des Strahlengangs bestimmt seien. Eine strengere Kritik der bekannten Erfahrungen, auf welche die traditionelle Unterscheidung von Definitions- und Auflösungs-Vermögen sich stützt, hat diese scheinbar so natürliche Annahme als unzulässig herausgestellt. Es hat sich gezeigt, dass sie zwar für gewisse, speciell nachweisbare Fälle giltig bleibt, dass aber im Allgemeinen, und zumal bei solchen Objecten, an denen das Mikroskop seine höchste Leistungsfähigkeit bewähren soll, die Erzeugung der mikroskopischen Bilder an einen eigenthümlichen, bisher nicht beachteten physikalischen Process geknüpft ist, der in den Objecten selbst seinen Sitz hat, unabhängig von der Einrichtung der Mikroskope eintritt, für dessen Effecte aber diese letztern mittelbar maassgebend wird.

Die Consequenzen dieser Thatsachen reichen an die wichtigsten Probleme der Mikrographie heran. Sie führten zum Nachweis einer ganz specifischen Function des Oeffnungswinkels und, in Anschluss hieran, auf deutliche und sichere Begriffe über das sogen. optische Vermögen des Mikroskops in seinen beiden Factoren, aus welchen Begriffen sich alle Bedingungen, von denen seine Leistung abhängt, genau feststellen lassen. Hieraus folgen zunächst bestimmte praktische Maximen für die rationelle Construction des Mikroskops, sowie Winke für eine sachgemässe Prüfung gegebener Instrumente. Andrerseits aber führte der Ausbau der so gewonnenen Grundlage durch Experiment und Theorie zu einigen die mikroskopische Wahrnehmung im Allgemeinen betreffenden Schlussfolgerungen. Nicht nur lässt sich eine Grenze der Kleinheit bestimmen, bei der alle Beobachtung mikroskopischer Structuren eine Schranke finden muss, sondern es tritt auch ein allgemein eingreifendes Moment zu Tage, welches beim wissenschaftlichen Gebrauch des Mikroskops nicht wird ausser Acht bleiben dürfen; indem sich zeigt, dass die bisher unangefochten gebliebene Grundlage für die Deutung mikroskopischer Wahrnehmungen — dass nämlich ein fehlerfreies mikroskopisches Bild in allen Fällen die wirkliche Beschaffenheit des Objects darstelle — für eine ganze Classe von Beobachtungen durchaus nicht zu Recht besteht.

Die hier in ihren Hauptrichtungen bezeichneten theoretischen und experimentellen Studien waren zwar, ihrer Veranlassung nach, zunächst auf den praktischen Zweck gerichtet, einen sicheren Leit-

faden für die richtige Formulirung der Ansprüche bei der Berechnung von Linsensystemen zu gewinnen; sie haben sich aber von selbst zu einer vollständigen Theorie des Mikroskops abgerundet, welche so ziemlich in alle Capitel der mikrographischen Doctrin eingreift und dieser ausserdem einige neue Capitel hinzufügt. Dieser Theorie ist die enge Verbindung mit der Technik der Mikroskopverfertigung in zwiefacher Art zu Statten gekommen. Einestheils haben die strengen Anforderungen, welche der praktische Zweck der Arbeit stellte, Nachforschungen nöthig gemacht, zu welchen die Mikrographen schwerlich Anlass gefunden haben würden; andrerseits aber hat die wirkliche Ausführung von Mikroskopen nach den Grundsätzen der in Rede stehenden Theorie für alle wesentlichen Bestandtheile derselben die empfindlichste Probe herbeigeführt, welcher theoretische Ansichten auf diesem Felde unterworfen werden können.

Die detaillrte Mittheilung dieser Studien über die Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung wird demnächst in einem ausführlichen Aufsatze im VIII. Bande der Jenaischen Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft erfolgen. Da ich jedoch annehme, dass unter den praktischen Mikroskopikern Manchem eine gedrängte Uebersicht über die Ergebnisse der Untersuchung willkommen sein wird, so erlaube ich mir, den Lesern dieses Archivs im Folgenden eine kurze Zusammenstellung der hauptsächlichsten Resultate meiner Arbeit vorzulegen. Ich folge dabei den beiden oben hervorgehobenen Richtungen der Untersuchung, indem ich zuerst Dasjenige anführe, was auf den rein dioptrischen Theil der Theorie abzielt und sodann übergehe zur Betrachtung der angedeuteten neuen Factoren, welche in die Functionen des Mikroskops eingreifen; wobei ich indess bemerken will, dass die folgenden Darlegungen an keiner Stelle den Anspruch machen, die vollständige Entwickelung und Begründung der aufzustellenden Sätze, wie sie der ausführliche Bericht liefern wird, reproduciren zu wollen.

II. Die dioptrischen Bedingungen der Leistung des Mikroskops.

1. Bei der Erklärung des Strahlenganges, der im Mikroskop die Abbildung der Objecte vermittelt, pflegt man zum Ausgangspunkt aller speciellen Untersuchungen das bekannte typische Schema des zusammengesetzten Mikroskops zu wählen, welchem zufolge das Objectiv ein umgekehrtes Bild des Objects erzeugt und das Ocular,

als Lupe wirkend, dieses vergrössert in die Weite des deutlichen Sehens rückt. Auf die solchem Schema entsprechende Zerlegung des Vorgangs gründet man zugleich die Discussion der näheren Bedingungen, von denen die optische Leistung nach Quantität und Qualität abhängt. — Zu einer allgemeinen Uebersicht über die Wirkungsart des Mikroskops reicht diese Betrachtungsweise allerdings aus. Soll jedoch die dioptrische Analyse des Abbildungsvorgangs die Grundlage gewähren für eine genauere Feststellung der verschiedenen Factoren, welche in ihm maassgebend sind, so bedarf dieselbe nach zwei Seiten hin einer wesentlichen Erweiterung.

Erstens muss der Strahlengang im Mikroskop unter einem allgemeineren Gesichtspunkt angesehen werden. Die nämlichen Strahlen, welche als homofocale Büschel von den einzelnen Objectpunkten aus im Mikroskop verlaufen, lassen sich auch zusammenfassen zu homofocalen Büscheln, die von den verschiedenen Punkten einer vor (unter) dem Mikroskop im äussern Raume liegenden Fläche ausgehen. Diese Fläche ist im Allgemeinen die — dioptrisch — nach aussen projicirt gedachte Oeffnung des Objectivs und enthält im Besondern die zur Beleuchtung dienende Lichtquelle (z. B. die Fläche des Beleuchtungsspiegels) als Theil in sich. Neben denjenigen Bildern, welche die Bestandtheile des optischen Systems successive vom Object entwerfen, den Objectbildern, entsteht daher eine Reihe von zugeordneten Oeffnungsbildern, welche sämmtlich die nach aussen projicirte Fläche der freien Oeffnung abbilden. Das letzte von diesen, das dem schliesslichen virtuellen Bilde des Objects zugeordnete, erscheint im sogen. Augenpunkt oberhalb des Oculars und kann daselbst mittelst einer Lupe näher beobachtet werden; das erste, vom Objectiv allein erzeugte, liegt in oder nahe der obern Focalebene des Objectivs und bietet sich dem freien Auge beim Hereinsehen in den offenen Tubus dar. — Beide Reihen von Bildern sind durch allgemeine Relationen untereinander verknüpft, deren Nachweis den Schlüssel für zahlreiche sonst schwer zugängliche Fragen abgiebt. Alle Merkmale der Objectbilder hängen mit gewissen andern Merkmalen der Oeffnungsbilder zusammen, und umgekehrt; und namentlich enthalten die letzteren alle Bestimmungsstücke für die Begrenzung der Strahlenbüschel, welche die Erzeugung der ersteren vermitteln. — Darauf hin ergeben sich u. A. auf rein theoretischem Wege allgemein giltige Sätze über die sogen. Tiefenperspective des Mikroskops, über den Einfluss, den die Beugung des Lichts in der

freien Oeffnung des Objectivs auf das mikroskopische Bild ausübt, vor Allem aber über die Bedingungen der Lichtstärke und über die Wirkung verschiedener Beleuchtungsweisen und verschiedener Beleuchtungsapparate. Andrerseits aber liefert die wirkliche Beobachtung der Oeffnungsbilder unter Benutzung geeigneter Vergrösserungsvorrichtungen ein neues Hilfsmittel zum Studium der Objecte selbst. In ihnen erscheinen nämlich die Spuren der sämmtlichen Lichtstrahlen, die in irgend welchen Richtungen vom Object aus in das Mikroskop gelangt sind; die erhellten Theile eines der Oeffnungsbilder, z. B. des ersten, in der obern Focalebene des Objectivs gelegenen, markiren die verschiedenen Strahlenbüschel, welche vom Präparat ausgehen und dessen Abbildung vermitteln. Daher müssen alle Einwirkungen, welche dieses Präparat auf die hindurchtretenden Lichtstrahlen ausübt, im Besondern alle Ablenkungen, als Modificationen in jenen Oeffnungsbildern direct erkennbar sein; was im Folgenden weitere Ausführung und mehrfache Anwendung finden wird.

Die Grundlage für die exacte Entwickelung der mannigfachen Folgerungen, zu denen die Betrachtung der erwähnten Oeffnungsbilder führt, bildet ein für die ganze Theorie des Mikroskops sehr fruchtbarer Satz, der sich allgemein erweisen lässt. Er lautet: Wenn ein optisches System für einen seiner Brennpunkte vollkommen aplanatisch ist, so trifft jeder von diesem Brennpunkte ausgehende Strahl eine durch den andern Brennpunkt gelegte Ebene in einem Abstande von der Axe, dessen lineare Grösse gleich ist dem Product aus der Aequivalentbrennweite des Systems mit dem Sinus des Winkels, welchen der betreffende Strahl mit der Axe bildet. — Da die genannte Bedingung bei einem correcten Mikroskop sowohl für das Objectiv allein wie auch für das Mikroskop im Ganzen erfüllt sein muss, so stellt dieses Theorem einen quantitativen Zusammenhang her zwischen dem Oeffnungswinkel des Mikroskops einerseits und den linearen Durchmessern der Oeffnungsbilder über dem Objectiv und über dem Ocular. Er macht es aber auch möglich, aus dem mikrometrisch gemessenen Ort, den die Spur eines Strahles in der obern Focalebene des Objectivs einnimmt, die Richtung zu bestimmen, in welcher derselbe vor dem Eintritt in das Mikroskop verläuft. Das Oeffnungsbild über dem Objectiv kann daher, wenn man es mit einem passenden Mikrometer-Ocular beobachtet, zur Messung der

Ablenkungen benutzt werden, welche die Lichtstrahlen im Präparat erleiden. — Vergl. (15) u. f.

5. Zweitens bedarf es einer tiefer greifenden Charakteristik für die wesentlichen optischen Functionen, welche bei der Abbildung eines Objects unter beliebig grossem Bildwinkel und mit Strahlenkegeln von beliebig grossem Oeffnungswinkel den Abbildungsvorgang unterscheiden von der Abstraction, in der die Gaussische Theorie die Wirkungen eines Linsensystems betrachtet. Diese Charakteristik ergiebt sich durch die Aufstellung allgemeingiltiger Begriffe über die Focalwirkung und die Flächenausbreitung in einem optischen System, durch welche zwei der Idee nach selbstständige und in ihren specifischen Leistungen auch thatsächlich trennbare Grundfactoren des Abbildungsvorgangs bezeichnet werden. Abgesehen davon, dass erst auf eine solche Unterscheidung hin eine erschöpfende Analyse der Vollkommenheitsbedingungen und der Abbildungsfehler möglich wird, bietet dieselbe das einzige Hilfsmittel, um den Antheil der einzelnen Bestandtheile eines zusammengesetzten optischen Systems an seiner Gesammtleistung festzustellen. Das Fehlen eines sichern Leitfadens für eine derartige Feststellung, d. h. beim Mikroskop das Fehlen eines sachgemässen Begriffs von Objectiv- und Ocularwirkung, der unter Ausscheidung des Unwesentlichen und Zufälligen den eigentlichen Gegensatz in den Functionen beider Bestandtheile zutreffend zum Ausdruck brächte, ist die Ursache wesentlicher Mängel, welche der bisherigen Theorie des Mikroskops anhaften und auch die Veranlassung zu einigen Irrwegen, auf welche das Streben nach Vervollkommnung dieses Instruments gerathen ist.

Wenn man den Zweck des Objectivs in die Erzeugung eines reellen Bildes und den des Oculars in dessen weitere Vergrösserung setzt, so wird durch diese Erklärung — so richtig und nützlich sie ja ist — das wesentliche Princip des zusammengesetzten Mikroskops keineswegs getroffen. Es ist diess schon daran zu bemerken, dass dieser Angabe zufolge die Verbindung von Objectiv und Ocular bloss der Vergrösserung zu dienen scheint, während doch die notorische Ueberlegenheit des zusammengesetzten Mikroskops gegenüber dem besten Simplex vielmehr in der Qualität der Leistung besteht und auch schon bei solchen Vergrösserungen zu Tage tritt, die sich ohne alle Schwierigkeit mit dem einfachen Mikroskop erreichen lassen. Worin dagegen die eigentliche Bedeutung des Princips der

Zusammensetzung zu suchen sei, ergiebt der Hinweis darauf, dass beim Compositum in allen Fällen eine charakteristische Theilung der Arbeit in Bezug auf jene Functionen der Focalwirkung und der Flächenausbreitung vorliegt, in der Art, dass die specifischen Effecte der einen im Objectiv, der andern im Ocular ihren Sitz haben. Im Objectiv erfolgt die Flächenausbreitung des Bildes praktisch so gut wie vollkommen nach den Gesetzen für die Abbildung eines unendlich kleinen Flächenelements; im Ocular erfolgt die Focusverschiebung, d. h. die Divergenzänderung in den einzelnen Lichtbüscheln bis auf unmerkliche Abweichungen so wie an unendlich engen Strahlenbüscheln. Dagegen kommt dort das eigenthümliche Moment der Divergenzänderung von Strahlenkegeln grossen Oeffnungswinkels, hier das eigenthümliche Moment der Ausbreitung einer Bildfläche auf grossen Bildwinkel zur Geltung. Es lässt sich aber beweisen, dass die Erzeugung eines einigermassen vollkommenen Bildes unter den fraglichen Bedingungen über Oeffnungs- und Bildwinkel bei keinem optischen Apparat anders möglich ist als durch eine solche Vertheilung der specifischen Focalwirkung und der specifischen Vergrösserung auf besondere Bestandtheile des optischen Systems und dass mithin beim Mikroskop im Besondern die Höhe seiner Leistung wesentlich in dieser Seite des Zusammenwirkens von Objectiv und Ocular begründet ist. Dabei ergiebt sich indess, dass — wenigstens unter Voraussetzung des zur Zeit in Anwendung stehenden Constructionsprincips — die sachliche Grenzscheide zwi- Objectiv- und Ocularfunction nicht da zu suchen ist, wo das reelle Bild des Objectivs dem Ocular zugeführt wird, sondern vielmehr da, wo im Objectiv die divergent eingetretenen Strahlenbüschel durch wiederholte Brechungen in parallelstrahlige Büschel umgewandelt sind — von wo aus sie durch eine weitere Brechung nach dem Ocular hin convergirend gemacht werden.

6. Die Consequenz dieser Resultate ist eine besondere Art schematischer Zerlegung des Mikroskops, welche an Stelle der jetzt üblichen überall dann eintreten muss, wenn es darauf ankommt, die Qualität der mikroskopischen Bilder auf ihre maassgebenden Bedingungen zurückzuführen, welche aber auch als Grundlage für die Bestimmung der quantitativen Verhältnisse der Wirkung mit Vortheil gebraucht werden kann. Ihr zufolge besteht der erste Act im Abbildungsvorgang nicht in der Erzeugung des umgekehrten reellen Objectivbildes vor oder in dem Ocular, sondern vielmehr in der

Erzeugung eines, den parallelstrahligen Büscheln entsprechenden unendlich entfernten virtuellen Bildes; der zweite Act aber umfasst dessen fernere Abbildung unter dem Gesichtswinkel des Ocularfeldes und in der Weite des deutlichen Sehens und kommt durch eine letzte Brechung der Strahlen im Objectiv und durch die verschiedenen Brechungen im Ocular zu Stande. Den ersteren kann man die Lupenwirkung des Objectivs nennen, weil dieser Theil der Leistung vollkommen identisch ist mit derjenigen einer gewöhnlichen Lupe für ein fernsichtiges Auge; der zweite Theil aber entspricht offenbar, alle einzelnen Veränderungen des Strahlengangs zusammengefasst, der Wirkung eines Fernrohrs mit kleiner Objectivöffnung, welchem das vorher erwähnte unendlich entfernte virtuelle Bild als Object dient[1]). Diese Zerlegung der Gesammtwirkung des Mikroskops wird dadurch eine vollkommen bestimmte, dass der Sitz der letzten im Objectiv eintretenden Brechung, welche die parallelstrahligen Strahlenbüschel nach dem Ocular convergent macht, immer in die obere Focalebene des Objectivs verlegt werden kann. Eine an dieser Stelle aus letzterem ausgeschieden gedachte Linse von einer der Tubuslänge entsprechenden Brennweite gibt alsdann das Objectiv des schematischen Fernrohrs, dessen wirksame Angularvergrösserung nach bekannten Regeln durch Tubuslänge und Ocularstärke gegeben ist. Die Aequivalentbrennweite des die Lupenwirkung im Objectiv vermittelnden Systems bleibt dabei gleich derjenigen des Objectivs selbst und bestimmt in bekannter Weise den Gesichtswinkel, unter welchem das mikroskopische Object bei gegebenem linearen Durchmesser in dem unendlich entfernten Bilde erscheint.

Das hier dargelegte Ineinandergreifen von Objectiv- und Ocularfunction in Form von Lupenwirkung und Fernrohrwirkung muss als die allgemeingiltige Charakteristik für das heute geltende Constructionsprincip des zusammengesetzten Mikroskops hingestellt werden. Wie das Folgende zeigen wird, beantworten sich auf Grund derselben zahlreiche für die Theorie des Mikroskops und für dessen rationelle Construction gleich wichtige Fragen — nach dem Sitz der verschiedenen Fehlerquellen, nach den Mitteln zu ihrer Beseitigung,

1) Zur Erläuterung sei darauf hingewiesen, dass in der That ein wirkliches Mikroskop entsteht, wenn eine correcte Lupe von beliebiger Brennweite centrirt vor dem Objectiv eines Fernrohrs angebracht wird.

nach der Grenze der unter gegebenen Bedingungen möglichen Vollkommenheit, nach dem Einfluss, welchen Brennweite des Objectivs, Tubuslänge und Ocularstärke auf die Qualität des Gesammteffects üben, u. a. m.

7. Im Vorstehenden sind die obersten Gesichtspunkte angezeigt, von welchen eine erschöpfende Theorie des Mikroskops, in ihrem rein dioptrischen Theil, ausgehen muss. Von ihnen aus ergibt sich eine Theorie der Abbildungsfehler oder Aberrationen, die den besondern Aufgaben gewachsen ist, wie die abnorme Grösse des Oeffnungswinkels beim Mikroskop sie mit sich bringt. Es zeigt sich, dass diese Abbildungsfehler in zwei selbständige Classen zerfallen; die eine umfasst die Fehler der Focalwirkung — Aberrationen im engern Sinne —, die andere wird gebildet durch Fehler der Flächenausbreitung (Vergrösserung), welche beim Mikroskop bisher ausser Acht geblieben sind. Zur ersten Art gehört die sphärische und chromatische Aberration, die man gewöhnlich betrachtet; die zweite begreift eine Reihe eigenthümlicher Abweichungen vom normalen Strahlenlauf, welche sämmtlich daraus entspringen, dass die verschiedenen Theile eines die freie Oeffnung erfüllenden homofocalen Strahlenbüschels, nach Maassgabe der verschiedenen Neigung dieser Theile gegen die Axe und der ungleichen Brechbarkeit der einzelnen Farben, Bilder von ungleicher Vergrösserung liefern — ungleich, sowohl wenn die verschiedenen partiellen Bilder untereinander, wie auch wenn innerhalb je eines derselben verschiedene Richtungen im Sehfelde verglichen werden. Aus diesen Abweichungen, welche ich nicht Aberrationen, sondern Anomalien der Vergrösserung nenne, resultiren nicht nur die bekannten Unvollkommenheiten des mikroskopischen Bildes ausserhalb der Mitte des Sehfeldes, sondern auch eine besondere Art chromatischer Fehler, welche man, obwohl sie mit der eigentlichen Achromasie gar nichts zu thun haben, bisher immer als Merkmale chromatischer Focusdifferenzen gedeutet hat.

Die Abbildungsfehler der zweiten Classe bestimmen ausschliesslich die Beschaffenheit des Bildes ausserhalb der Axe; die Vollkommenheit der Strahlenvereinigung in der Mitte des Sehfeldes dagegen, und damit die maximale Leistungsfähigkeit des Mikroskops, ist allein von den wirklichen Aberrationen, der chromatischen und der sphärischen, abhängig. — Die genauere Analyse dieser ergiebt Folgendes:

Erstens. Die chromatische Aberration, wie sie bei grossem

Oeffnungswinkel zur Geltung kommt, beruht nicht allein in denjengen Focusdifferenzen, welche — der Farbenabweichung selbst und ihrem ungleichförmigen Gang in Crown- und Flintglas entsprechend — die abbildenden Strahlenkegel im Ganzen treffen, sondern ebenso sehr in einer unvermeidlichen Ungleichheit der Farbenvereinigung für verschieden geneigte Strahlenbüschel innerhalb des Oeffnungswinkels, die sich darin äussert, dass ein für gerade Beleuchtung vollkommen achromatisches Objectiv für schief einfallendes Licht mehr oder minder *übercorrigirt* sein muss. Während die ersterwähnten gewöhnlichen (primären und secundären) Farbenabweichungen bei correcter Construction sich entweder ganz heben oder doch wenigstens fast unmerklich machen lassen, ist diese zweite Fehlerquelle mit den heute der Technik zu Gebote stehenden Materialien durch keine Kunst zu beseitigen. Ihr Einfluss aber ist gross genug, um wenigstens bei den mittleren und mässig starken Objectiven der erreichbaren Vollkommenheit schon da eine Schranke zu setzen, wo die andern unvermeidlichen Fehlerquellen solches noch nicht thun. Nach meinen Erfahrungen bleibt die thatsächliche Leistungsfähigkeit der Objective von 6—3 Mm. Brennweite allein in Folge *dieses* Umstandes merklich hinter derjenigen Höhe zurück, welche die mögliche Vollkommenheit im Punkte der sphärischen Aberration und die mögliche Vollendung in der technischen Ausführung andernfalls zulassen würden.

Zweitens. Die sphärische Aberration zerfällt bei einer strengeren Untersuchung ihrer Bedingungen in eine Reihe von selbstständigen Gliedern, die in ihrem Anwachsen mit der zunehmenden Neigung der Strahlen gegen die Axe einen sehr ungleichen Gang befolgen. Eine wirkliche Aufhebung ist nur für die beiden ersten Glieder theoretisch möglich. Sobald der Oeffnungswinkel über einen ganz geringen Betrag hinausgeht, kann die Ausgleichung der sphärischen Aberration nicht anders erfolgen als dadurch, dass die nicht aufhebbaren höheren Glieder durch absichtlich herbeigeführte Reste der niedern compensirt werden. Das Anwachsen des unvermeidlichen Deficits, das diese Compensation wegen des ungleichen Ganges der einzelnen Theile nothwendig übrig lässt, bestimmt die Grenze, welche dem Oeffnungswinkel gesetzt werden muss, wenn jenes Deficit im mikrospischen Bilde ohne schädliche Wirkung bleiben soll. — Für Oeffnungswinkel über 60° hinaus, zumal aber für die grossen Beträge desselben bei den neueren starken Objectiven,

ist die theoretisch unerlässliche Voraussetzung einer genügenden Compensation der bekannte Constructionstypus, nach welchem eine unachromatische, nahezu halbkugelige Frontlinse mit einer stark übercorrigirten Linsengruppe verbunden wird. Seine Erfindung (durch Amici?) muss als die eigentliche Grundlage aller neueren Fortschritte in der Vervollkommnung des Mikroskops angesehen werden.

Für das Trockensystem ergiebt sich eine ziemlich bestimmte Grösse der freien Oeffnung — 105 bis 110° —, über welche hinaus eine hinreichende Einschränkung der sphär. Aberration auf keine Weise mehr möglich ist, wenn nicht der freie Objectabstand des Mikroskops unter das äusserste für den Gebrauch unentbehrliche Minimum vermindert werden soll. — Die Anwendung der Immersion dagegen gewährt, bei richtiger Benutzung der hierdurch eingeführten neuen Verhältnisse, die Möglichkeit, die Correction der sphär. Abweichung für sehr viel grössere Oeffnungswinkel genügend auszuführen, und zwar selbst für solche Beträge, welche das beim Trockensystem geometrisch mögliche Maximum (180°) noch etwas überschreiten. In dieser Möglichkeit sehr grosser Oeffnungswinkel, unbeschadet gleichmässiger Correction, und in der Verminderung der Lichtverluste, welche die Reflexion an der untersten Linsenfläche namentlich für die schief einfallenden Strahlen herbeiführt, liegen die einzigen wirklichen Vortheile der Immersionsmethode; Alles was man ausser diesen noch als Vorzüge derselben geltend gemacht hat, beruht auf Missverständnissen. Das Folgende aber wird zeigen, dass diese beiden Unterschiede grade ausreichen, um die notorische Ueberlegenheit der Immersionssysteme vollkommen zu erklären.

Die mathematische Theorie liefert ferner einige praktisch wichtige Aufschlüsse über die Form, in welcher bei incorrecten Constructionen, welche ein merkliches Residuum sphärischer Aberration übrig lassen, dieses zur Erscheinung kommt. Wie verschieden auch im einzelnen Falle der thatsächliche Verlauf der Strahlen in der Nähe ihres schematischen Vereinigungspunktes sein mag, immer lässt sich derselbe durch blosse Veränderung einer Linsendistanz im System (wie z. B. die Deckglascorrection herbeiführt) so umgestalten, dass der centrale Theil und die äusserste Randzone des Objectivs richtig zusammenwirken, während die zwischenliegende mittlere Zone alsdann mehr oder minder übercorrigirt bleibt. Zugleich aber zeigt

sich, dass kein äusseres Hilfsmittel eine solche typische Correctionsdifferenz, wo sie einmal vorliegt, beseitigen oder auch nur vermindern kann. Weil sie in den Krümmungs- und Brechungsverhältnissen der untersten Linsen des Objectivs wurzelt, leisten ihr gegenüber alle Vorrichtungen, durch welche man auf die Verbesserung der Aberrationen hat einwirken wollen — besondere Correctionsgläser oberhalb der Objective oder besondere Constructionen des Oculars — im günstigsten Falle nur dasselbe, was auch die Veränderung der Linsendistanzen durch eine Correctionsfassung möglich macht. Sie gestatten, den vorhandenen Aberrationsrest zwischen Mittel und Rand der freien Oeffnung gleichsam hin und her zu schieben und auf diese Weise irgend eine einzelne Zone des Objectivs auf Kosten der übrigen vorübergehend mehr oder minder aberrationsfrei zu erhalten. — Einrichtungen wie der von Royston-Pigott ausgedachte »aplanatic searcher« entspringen aus einer vollständigen Verkennung der wirklichen Sachlage. Sie stützen sich auf einen Begriff von sphärischer Aberration, der — weil er nur Spielraum lässt für die einfache Alternative: übercorrigirt oder untercorrigirt — mit sammt der ganzen darauf gebauten Theorie der aplanatischen Brennpunkte gegenüber den heutigen stärkeren Mikroskopen durchaus gegenstandlos ist. Durch solche Hilfsmittel wird die wirkliche Leistungsfähigkeit des Mikroskops niemals erhöht werden; denn Alles, was sie bewirken können, ist bei richtiger Construction auch schon im Objectiv selbst zu erreichen, und Alles, was hier nicht zu erreichen ist oder in einer verfehlten Construction nicht erreicht worden ist, kann auch durch sie nicht geleistet werden.

8. Ihren Abschluss findet die Analyse der Vollkommenheitsbedingungen in dem Nachweis des Einflusses, den die verschiedenen Bestandtheile des Mikroskops auf die Qualität des Gesammteffects ausüben. Hier ergiebt sich nun vor Allem, dass die für die Correctheit der Abbildung in der Mitte des Sehfeldes und damit für das mögliche Maximum der Leistung maassgebenden Factoren, nämlich die chromatische und die sphärische Aberration in dem oben bezeichneten bestimmteren Sinne, allein in der Construction der Objective wurzeln und dass die Einrichtung der Oculare auf jene überhaupt keinen irgend merklichen Einfluss gewinnen kann; dass aber ferner auch alle sonstigen Abbildungsfehler, zu welchen das Ocular theilweise mitwirkt, doch nur insoweit die erreichbare Vollkommenheit der Gesammtleistung begrenzen, als unvermeidliche

Reste jener in der Wirkung des Objectivs, und zwar in demjenigen Theile derselben, der oben als specifische Focalwirkung bezeichnet wurde, übrig bleiben. Von groben Verstössen in der Construction natürlich abgesehen, kann der ganze Ocularapparat des Mikroskops, gegenüber den in der Focalwirkung des Objectivs begründeten Aberrationen und Vergrösserungsanomalien praktisch als vollkommen fehlerfrei angesehen werden, und zwar in allen wesentlichen Punkten auch dann, wenn nur die einfachsten unter den bekannten Oculareinrichtungen in Anwendung kommen. Hieraus folgt, dass die mögliche Höhe der Leistung beim Mikroskop allein in der Construction der Objective wurzelt und dass keine denkbare Vervollkommnung der Oculare sie im Geringsten beeinflussen kann; ferner aber, dass auch die besondern Umstände, unter welchen der Ocularapparat fungiren mag, namentlich die Art, wie die Vergrösserung durch die Länge des Tubus und die Stärke des Oculars bewirkt wird, innerhalb des praktisch in Betracht kommenden Spielraums vollkommen gleichgültig bleiben, und — richtige Anpassung der Objective an die einmal angenommenen Verhältnisse vorausgesetzt — die erreichbare Höhe der Leistung durchaus nicht berühren. Was in England zu Gunsten des langen Tubus vorgebracht wird, ist theoretisch ebenso unhaltbar, wie Dasjenige, was neuerdings — von Praszmowski — als Vortheil des kurzen Tubus hingestellt worden ist; wie sich denn diese vermeintlichen Unterschiede auch thatsächlich als nicht vorhanden ergeben, sobald man unter wirklich vergleichbaren Bedingungen sie beobachten will. Desgleichen lassen Theorie und accurate Experimente übereinstimmend Alles als reine Einbildung erkennen, was über die ausserordentlichen Leistungen dieser oder jener besondern Ocularconstruction berichtet wird — so weit es sich dabei um wirkliche Steigerung des optischen Vermögens, nicht etwa bloss um nebensächliche Vortheile (Grösse des Sehfeldes u. dergl.) handeln soll.

Im Hinblick auf diese Resultate gewinnt die oben erwähnte Grenzbestimmung in Bezug auf Objectiv- und Ocularfunction beim Mikroskop und das auf sie gegründete Zerlegungsschema eine besondere Tragweite. Alle Abbildungsfehler, die überhaupt die Wirkung beeinflussen, finden ihren vollständigen Ausdruck schon in der Beschaffenheit des unendlich entfernten virtuellen Bildes, welches das Objectiv, à la Lupenwirkung, vom Object erzeugt; diesem

gegenüber spielt der ganze Ocularapparat, wie er sich aus Tubus und Ocularlinsen zusammensetzt, die Rolle eines indifferenten Vergrösserungs-Mechanismus, der — à la Fernrohr wirkend — nur dazu dient, jenes Objectivbild dem beobachtenden Auge auf den erforderlichen Sehwinkel auszubreiten, ohne dabei seinem Inhalte irgend etwas hinzuzufügen oder irgend etwas von ihm hinwegzunehmen. Dieser Inhalt selbst aber ist, seinem möglichen Detail nach, bestimmt durch die angulare Grösse der Zerstreuungskreise, welche die in der Construction des Objectivs begründeten Abbildungsfehler an Stelle scharfer Bildpunkte in das Lupenbild einführen. Indem man deren Eingreifen in den schliesslichen Effect in Betracht zieht, ergiebt sich für jedes concrete Objectiv eine durch Tubuslänge und Ocularstärke beliebig zusammensetzbare Angularvergrösserung, welche für ein Auge von angenommener normaler Sehkraft grade ausreichen muss, das im Objectivbild möglicher Weise abbildbare Detail vollkommen zu erkennen. Diese — welche man die förderliche Angularvergrösserung nennen kann — muss als das Maass der relativen Vollkommenheit des Objectivs angesehen werden; aus ihr bestimmt sich in leicht zu erkennender Weise mit Hilfe seiner Brennweite die förderliche Linearvergrösserung, d. h. diejenige Vergrösserungsziffer, mit welcher die Leistung des betreffenden Objectivs erschöpft ist; es ist die kleinste Vergrösserung, bei der man alles Detail sieht, welches mit ihm, seiner dioptrischen Vollkommenheit nach, überhaupt abgebildet werden kann. Eine stärkere Vergrösserung kann zwar noch brauchbar sein, indem sie solches Detail deutlicher und bequemer zur Wahrnehmung bringt; sie vermag aber niemals das optische Vermögen eines gegebenen Objectivs zu erhöhen. — Unter Voraussetzung gleicher relativer Vollkommenheit der Construction muss für Objective der verschiedensten Brennweiten die angulare Grösse der Zerstreuungskreise in ihren Lupenbildern ein und dieselbe sein; es muss also die absolute Grösse der kleinsten Theile, die noch getrennt abgebildet werden, ein und denselben Bruchtheil der Brennweite ausmachen. Daraus folgt einerseits, dass die förderliche Angularvergrösserung für solche Objective gleich ist und ihre Höhe demnach das Maass für die relative Vollkommenheit darstellt; andererseits, dass die förderliche Linearvergrösserung, mithin das absolute optische Vermögen, bei gleicher relativer Güte der Construction in demselben Verhältniss zunehmen muss, in welchem die Brennweite abnimmt.

9. Was die praktische Anwendung der hier aufgestellten Definitionen anlangt, so darf nicht übersehen werden, dass die aus den Aberrationsresten und den Mängeln der technischen Ausführung herrührenden Zerstreuungskreise im Lupenbild der Objective beim wirklichen Gebrauch stärkerer Objective niemals mit demjenigen Betrage zur Geltung kommen, der einem die ganze freie Oeffnung erfüllenden Strahlenkegel entsprechen würde. Thatsächlich wird, sobald der Oeffnungswinkel eine beträchtliche Grösse besitzt, immer nur ein Theil desselben von den abbildenden Strahlenbüscheln gleichzeitig in Anspruch genommen, daher denn auch nur dieser Theil die effectiv werdenden Aberrationen veranlasst; und da nun — wie die Beobachtung der Oeffnungsbilder lehren kann — der für die Abbildung thätige Theil der freien Oeffnung nach Grösse und Lage fortwährend wechselt, je nach der Art der Beleuchtung und der Structur der Präparate, so folgt, dass von einer allgemeingiltigen Bestimmung der förderlichen Vergrösserung oder des optischen Vermögens nicht die Rede sein kann[1]). Nichtsdestoweniger sind die hier geltend gemachten theoretischen Gesichtspunkte zu einer beiläufigen Abschätzung der Leistungen, welche vom Mikroskop heut zu Tage erwartet werden dürfen, vollkommen brauchbar und ihr Hervorkehren ist sehr geeignet, grosse Illusionen zu beseitigen, denen sich manche Mikrographen in Bezug auf diese Leistungen augenscheinlich hingeben. Die theoretische Discussion der Abbildungsfehler, ihr allseitiges praktisches Studium mittels der im

1) Auch die von Harting zuerst empfohlene Methode, die Unterscheidungsgrenze der Mikroskope an den kleinen optischen Bildchen, wie man solche durch Luftblasen u. dergl. erhalten kann, zu bestimmen, gewährt eine allgemeingiltige und praktisch verwerthbare Feststellung des optischen Vermögens nicht. Denn abgesehen davon, dass bei ihrer Anwendung der wirksam werdende Strahlengang weit abliegt von allen denjenigen Formen, die beim normalen Gebrauch, wenigstens der stärkeren Objective, thatsächlich vorkommen, lässt sich auch auf die im folgenden Abschnitt zu gebenden Nachweise hin darthun, dass die Unterscheidung des Details in solchen Luftblasenbildchen keineswegs von der dioptrischen Wirkung der Objective allein, sondern ebensosehr von besondern, ganz selbständigen Einflüssen ausserhalb des Mikroskops abhängt. Die Resultate jener Methode geben thatsächlich nur die Grenzen eines der dioptrischen Vollkommenheit fremden Auflösungsvermögens, ganz so wie die Beobachtungen an der Norbert'schen Probeplatte und an den Diatomeen, nur unter etwas veränderten Beleuchtungsverhältnissen.

Folgenden erwähnten Methode und die sorgfältige Prüfung einer ziemlichen Anzahl von Objectiven neueren Datums aus den berühmtesten Werkstätten diesseits und jenseits des Canals haben mich übereinstimmend zu dem Schlusse geführt, dass die heute erreichten und erreichbaren Ziffern förderlicher Vergrösserung durchweg sehr viel geringer sind, als man nach der Freigebigkeit mancher Mikroskopiker mit Tausenden und Zehntausenden denken sollte. Nach meinen Erfahrungen wird unter Voraussetzung der gewöhnlichen Beleuchtungsformen — abgesehen also von ganz abnormen Verhältnissen des Strahlenganges, die sich etwa mit directem Sonnenlicht herstellen lassen, praktisch aber so gut wie werthlos sind — auch bei den allervollkommensten Systemen die optische Capacität schon bei höchstens 8facher Angularvergrösserung erschöpft, so dass Alles im Lupenbild überhaupt abbildbare Detail einem normalen Auge auf jeden Fall zugänglich ist, wenn Tubus und Ocular zusammen ein 8fach vergrösserndes Fernrohr darstellen. Aber selbst diese Leistung wird nur bei den schwächeren und mittleren Objectiven erreicht. Wenn die Brennweite unter 3 Mm. herabgeht, wird die relative Vollkommenheit der Constructionen wegen der rasch wachsenden technischen Schwierigkeiten merklich geringer; und ich bin sicher, dass es kein Objectiv unter 1 Mm. Brennweite giebt, dessen optisches Vermögen über eine 5fache Angularvergrösserung hinausreicht. Man kann leicht ausrechnen, welche Ziffern sich hiernach für die förderliche Linearvergrösserung bei den verschiedenen Brennweiten ergeben (ca. 500 bei 4 Mm., ca. 1200 bei 1 Mm.) und dann weiter, welche Vergrösserungen man äussersten Falls noch als nützlich und brauchbar wird anerkennen dürfen, wenn man beachtet, dass die blosse Ausdehnung des Bildes auf grösseren Sehwinkel ohne entsprechende Steigerung des optischen Vermögens, namentlich bei an sich schon hohen und lichtschwachen Vergrösserungen, der Deutlichkeit der Wahrnehmung bald viel mehr schaden als nützen muss.

Es ist hieraus zu entnehmen, wie gegenstandslos alle Bemühungen sind, welche darauf ausgehen, die Vergrösserung des Mikroskops durch besondere Construction des Oculararapparats ins Ungemessene zu steigern. Was aber die Hoffnung anlangt, durch Verkürzung der Brennweiten der Objective die Leistungsfähigkeit des Instruments mit der Zeit immer weiter erhöht zu sehen, so tritt dieser — von mehreren sonstigen Bedenken abgesehen — ein Hinderniss entgegen, welches nach dem dermaligen Stand unseres

Wissens als ein absolutes hingestellt werden muss. Zu je höheren Vergrösserungen man nämlich fortgeht, desto mehr wird die aus den Aberrationsresten im Objectiv und aus seinen technischen Mängeln entspringende Unvollkommenheit des Bildes vergrössert durch den Effect der Diffraction, welche die Kleinheit der freien Oeffnung bei den starken Objectiven einführt. Diese Diffractionswirkung der Linsenöffnung[1]) verwandelt gleichfalls das Bild jedes Objectpunktes in einen Zerstreuungskreis von grösserem oder geringerem Durchmesser; während aber die hieraus resultirende Verminderung des optischen Vermögens bei mässigen Vergrösserungen unmerklich bleibt gegenüber dem Effect der Aberrationsreste, fällt sie bei hohen Ziffern ausserordentlich in's Gewicht. Es lässt sich allgemein beweisen, dass der Einfluss dieser von der optischen Vollkommenheit ganz unabhängigen Fehlerquelle beim Mikroskop (wie auch beim Fernrohr) allein durch die Grösse des letzten Oeffnungsbildes im Augenpunkt des Oculars bedingt und zwar dieser Grösse umgekehrt proportional ist; er gestaltet sich in allen Stücken genau so, wie wenn das von ihm noch frei gedachte mikroskopische Bild durch ein körperliches Diaphragma, dessen lichter Durchmesser dem jenes Oeffnungsbildes gleich ist, betrachtet würde. Dieser Durchmesser aber hängt allein vom Oeffnungswinkel des Mikroskops und seiner Gesammtbrennweite, also seiner Gesammtvergrösserung, ab, und kann nach der unter (4) gegebenen Norm für jeden Fall berechnet werden. Diejenige Grösse des Oeffnungswinkels vorausgesetzt, die auch beim Immersionssystem nicht wesentlich überschritten werden kann, — 180° in Luft — findet man z. B. für 1000fache Vergrösserung 0,5 Mm., für 5000fache 0,1 Mm. u. s. f., unabhängig davon, wie diese Vergrösserungen durch Objectiv und Ocular hervorgebracht sein mögen. Und wenn man nun wissen will, welche Bedingungen von dieser Seite her z. B. einer 5000fachen Vergrösserung gestellt sind, so braucht man nur in ein Staniolblättchen einen Nadelstich von 0,1 Mm. Durchmesser zu machen und durch das so erhaltene Diaphragma hindurch einen gut begrenzten hellen Gegenstand, etwa eine Lichtflamme, anzusehen; man hat dabei unmittelbar vor Augen,

1) Sie ist wohl zu unterscheiden von den im folgenden Abschnitt zu besprechenden Diffractionserscheinungen, welche die Structur der Objecte hervorruft.

wie die Contouren eines mikroskopischen Objects unter jener Vergrösserung sich ausnehmen müssen, auch wenn das Mikroskop an sich, d. h. vom Beugungseffect abgesehen, absolut vollkommen wäre.

Die Erwägung dieser Umstände muss zu dem Ergebniss führen, dass eine erhebliche Steigerung des absoluten optischen Vermögens der Mikroskope über die heute mit Brennweiten von ca. 1 Mm. erreichbare Höhe hinaus auch in Zukunft nicht zu erwarten steht, weder von einer Verkürzung der Brennweiten noch von einer weitern Vervollkommnung der Constructionen. Wie es heute kein Mikroskop giebt, dessen nutzbare Vergrösserung — wenn man es mit diesem Attribut ernsthaft nimmt — auch nur 4000 erreichte, so wird es auch in Zukunft keines geben. Die Darlegungen in den letzten beiden Abschnitten aber werden zeigen, dass selbst Vergrösserungen weit unter der Hälfte dieser Ziffer, die sich mit Objectiven von 1 Mm. Brennweite als nutzbare recht gut erhalten lassen, thatsächlich schon nicht mehr verwerthbar sind, weil anderweitige, von der dioptrischen Vollkommenheit der Abbildung unabhängige Bedingungen für eine solche Verwerthung nicht mehr erfüllt werden können. Alles diess zusammengenommen begründet meinen Schluss: dass heut zu Tage die Vervollkommnung des Mikroskops überhaupt nicht mehr die Erlangung höherer förderlicher und höherer nutzbarer Vergrösserungen, also überhaupt nicht mehr die Steigerung des absoluten optischen Vermögens zum Ziele hat; dass vielmehr dieses ausschliesslich in die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der mittleren und mässig starken Objective zu setzen sei. — Es wird einen wirklichen, dem wissenschaftlichen Gebrauch des Mikroskops in hohem Grade nützlichen Fortschritt der optischen Kunst bezeichnen, wenn es gelingt, mit Objectiven von 3—4 Mm. Brennweite Dasjenige zu leisten, was gegenwärtig nur mit sehr viel stärkeren Linsen erreicht werden kann. Das liegt im Bereiche des Möglichen; andere Ziele gehen auf Luftschlösser aus.

10. In der angeführten ausführlicheren Darstellung meiner Untersuchungen werde ich neue und sehr exacte Methoden mittheilen, nach welchen die sämmtlichen Bestimmungsstücke eines Mikroskops die Brennweiten der einzelnen Bestandtheile, der Oeffnungswinkel, die Maasse für Objectiv- und Ocularwirkung etc. — empirisch ermittelt werden können; daneben aber werde ich auch ein Verfahren beschreiben, welches erlaubt, sämmtliche durch die

Theorie nachweisbare Abbildungsfehler mit sehr einfachen Hilfsmitteln am fertigen Instrument zu beobachten und daraufhin den Grad seiner Vollkommenheit zu bestimmen. — Die gewöhnlich empfohlenen Methoden zur Prüfung der sphärischen und der chromatischen Correction der Objective sind den thatsächlichen Verhältnissen durchaus nicht gewachsen und weit davon entfernt, zu einer auch nur einigermaassen vollständigen Kenntniss jener Fehlerquellen an fertigen Instrumenten zu führen. Denn die durch jene Methoden sichtbar zu machenden Effecte der Abbildungsfehler sind nicht elementare Wirkungen, sondern Gesammteffecte aus vielen verschiedenartigen Ursachen. Bei dem sehr ungleichen Gewicht, welches den einzelnen unter ihnen, nach ihrem Einfluss beim wirklichen Gebrauch des Mikroskops, zukommt, muss das Urtheil nach dem Totaleffect unter Umständen völlig fehlgreifen. Die zutreffende Würdigung eines Objectivs in Bezug auf seine Vollkommenheit und Leistungsfähigkeit kann vielmehr — wenn sie überhaupt auf den Befund über die Abbildungsfehler gegründet werden soll — nur durch die Zerlegung der sichtbaren Abweichungen in ihre Bestandtheile und den Nachweis der sämmtlichen wirksamen Fehlerquellen im Einzelnen gewonnen werden.

Da die Beschreibung der Prüfungsmethode, welche dieses leistet, nicht vollständig gegeben werden kann ohne eine specielle Discussion der sämmtlichen Abbildungsfehler und genaue Angaben über ihre Erscheinungsformen, so sei hier nur das Princip des Verfahrens im Allgemeinen bezeichnet. — Als Object dient dabei ein Präparat, welches nichts anderes als scharfe Grenzen zwischen vollkommen durchsichtigen und ganz oder fast ganz undurchsichtigen Theilen innerhalb einer einzigen Ebene darbietet und keinerlei merkliche Ablenkungen an den hindurchtretenden Strahlen hervorbringt. Man erhält ein solches in einer für alle Zwecke ausreichenden Vollkommenheit, indem man (mittelst der Theilmaschine) gröbere und feinere Liniengruppen in eine Silber- oder Goldschicht einritzt, wie man solche in einer Dicke, die nur einen kleinen Bruchtheil des Mikro-Mm. ausmacht, nach bekannten Methoden auf Glas niederschlagen kann; Deckgläser von verschiedener, genau gemessener Stärke, auf ihren untern Flächen mit solchen Theilungen (10—50 Linien pro Mm.) versehen, werden nebeneinander mit Balsam auf einen Objectträger gekittet. Ein Präparat dieser Art dient für die stärksten wie für die schwächsten Objective. Zu seinem Gebrauch gehört der Beleuchtungsapparat, welcher in dem folgenden Aufsatze dieses

Heftes beschrieben ist, oder irgend eine Vorrichtung, die gestattet, das Präparat von mehreren lichtstrahlenden Flächen aus gleichzeitig zu beleuchten und den Verlauf der Strahlenbüschel, welche diese liefern, innerhalb des Oeffnungswinkels eines zu prüfenden Objectivs beliebig zu reguliren. Mit dem erwähnten Beleuchtungsapparat wird dieser Zweck auf das einfachste erreicht, indem man Diaphragmen mit mehreren getrennten Oeffnungen — aus Cartonpapier zugeschnitten — neben den gewöhnlichen Blendungen verwendet; unter Controle des Oeffnungsbildes in der oberen Focalebene des Objectivs kann man durch Blendungen mit passenden Ausschnitten bei Benutzung der Vorrichtungen zur Veränderung des Lichteinfalls ganz beliebige Theile des Oeffnungswinkels gleichzeitig in Thätigkeit setzen.

Das Verfahren der Prüfung zielt darauf ab, das Zusammenwirken der sämmtlichen Zonen der Objectivöffnung in der Mitte und am Rand des Sehfeldes zur Anschauung zu bringen und dabei dennoch die Bilder, welche sie einzeln gewähren, deutlich unterscheidbar zu erhalten. Zu dem Zweck wird die Beleuchtung so regulirt, dass in den Spuren der eintretenden Strahlenkegel in der obern Focalebene alle Zonen der freien Oeffnung, jede aber nur durch einen schmalen Streifen, repräsentirt sind, während diese Spuren selbst möglichst weit von einander abstehen. Je nach der Grösse des Oeffnungswinkels werden zwei oder drei isolirte Strahlenbüschel verwandt. Sie werden so angeordnet, dass, wenn z. B. die Oeffnungsfläche des Objectivs 6 Mm. linearen Durchmesser besitzt, im ersteren Falle die — nahezu kreisförmige — Spur des einen von der Mitte bis auf ca. 1,5 Mm. Abstand, die des andern auf der entgegengesetzten Seite von der Axe von 1,5 bis auf 3 Mm., d. h. bis zum Rand, sich erstreckt; im zweiten Falle aber der erste die Zone von der Axe aus bis zu 1 Mm. Abstand, der zweite die Zone zwischen 1 Mm. und 2 Mm. auf der entgegengesetzten Seite und der dritte die Randzone zwischen 2 und 3 Mm., wieder auf der Seite des ersten, in Thätigkeit setzt. Diese Anordnung giebt den empfindlichen Strahlengang, bei welchem alle Correctionsmängel am stärksten zur Geltung kommen, weil die verschiedenen Strahlenkegel im Bilde unter möglichst grossen Winkeln zusammentreffen. — So viel isolirte Theile der Oeffnungsfläche wirksam werden, so viel unterscheidbare Bilder erhält man von einer das Gesichtsfeld ausfüllenden Liniengruppe des Präparats. Bei einem in allen Stücken

absolut vollkommenen Objectiv müssten alle diese bei einer bestimmten Einstellung in ein einziges scharfes und farbenfreies Bild zusammenfliessen. Die Abbildungsfehler, soweit sie von der Art der sphärischen Aberration sind, haben aber zur Folge, dass eine derartige vollständige Verschmelzung der zwei oder drei partiellen Bilder wenigstens nicht durch das ganze Sehfeld zu Stande kommt und, soweit sie von der Farbenzerstreuung herrühren, dass die hellen Linien auf dunklem Grunde, sowohl die getrennten Bilder je einer wie auch die correspondirenden Bilder von mehreren an andern Stellen des Gesichtsfeldes die verschiedensten Farbensäume erhalten. Ein derartiges Probebild legt den ganzen Correctionszustand eines Mikroskops in allen Einzelheiten gleichzeitig vor Augen. Mittelst der Anleitung, welche die Theorie zur Diagnose der verschiedenen Abbildungsfehler giebt, genügt die Vergleichung der Farbensäume der einzelnen partiellen Bilder, die Beobachtung ihres lateralen Auseinandertretens und ihrer Niveaudifferenzen, in der Mitte des Sehfeldes und in den vier Quadranten der Randzone, alle Correctionsmängel in ihren letzten Bestandtheilen nach Art und Grösse genau zu definiren. Dabei erhält man namentlich Dasjenige, was von den eigentlichen Aberrationen — den Fehlern der Focalwirkung — herrührt, deutlich getrennt von solchen Unvollkommenheiten, welche aus blossen Differenzen der Vergrösserung zwischen ungleich geneigten und ungleich brechbaren Strahlen — den Anomalien — entspringen und kann ausserdem durch eine einfache Manipulation den Einfluss des Oculars auf die Beschaffenheit des Bildes ausserhalb der Axe vollständig eliminiren [1]).

Die erforderliche theoretische Orientirung und praktische Erfahrung vorausgesetzt, um den Befund bei einer derartigen Prüfung in allen Punkten richtig würdigen zu können, gewährt das angedeutete Verfahren ein so erschöpfendes Urtheil über die Beschaffenheit eines Objectivs, dass darauf hin, wenn Brennweite und Oeffnungswinkel nebenbei ermittelt werden, seine Leistungsfähigkeit nach

1) Beispielsweise sei erwähnt, dass diese Methode, in Uebereinstimmung mit der Theorie, in der Farbenabweichung, welche bei grossem Oeffnungswinkel an jeder Stelle des Sehfeldes ausserhalb der Axe wirksam wird, nicht weniger als fünf verschiedenartige Bestandtheile erkennen lässt, die wegen ihrer sehr ungleichen praktischen Bedeutung bei der Beurtheilung eines Mikroskops genau unterschieden werden müssen.

allen Richtungen hin voraus zu bestimmen ist; wie ich mich durch zahlreiche Proben überzeugt habe. Für die gewöhnlichen Bedürfnisse der Mikroskopiker wird zwar die directere Prüfung mittelst natürlicher Probeobjecte stets den Vorzug behalten; immerhin dürfte die gelegentliche Anwendung dieser andern Methode nützliche Anhaltspunkte liefern, um die Ansprüche, welche man zur Zeit an die Beschaffenheit der Mikroskope stellen und nicht stellen darf, richtig bemessen zu lernen. Wer einmal gute und im praktischen Gebrauch bewährte Objective auf diese Weise untersucht hat, wird ebensosehr gegen all zu naive Vorstellungen über ihre Vollkommenheit wie auch dagegen gesichert sein, Ansprüche zu erheben, welchen bis jetzt noch Niemand genügt hat.

II. Schliesslich soll noch in der Kürze derjenigen Sätze gedacht werden, welche die Wirkungsart der Beleuchtungsapparate und die für die Lichtstärke des Mikroskops maassgebenden Verhältnisse feststellen. In Bezug auf das Erstere trifft meine Betrachtungsweise nach ihren Ausgangspunkten und in ihren wesentlichen Resultaten mit denjenigen Lehren zusammen, durch welche Nägeli und Schwendener[1]) die Theorie der Beleuchtungsapparate, die seit Brewster und Wollaston die partie honteuse der mikrographischen Doctrin gewesen ist, zuerst auf sichere und deutliche Begriffe gebracht haben. Die Hauptsache besteht in Folgendem.

Die Beleuchtung der mikroskopischen Objecte bei der Beobachtung in durchfallendem Lichte erfolgt, was auch der Beleuchtungsapparat sein mag — Planspiegel, Hohlspiegel, Sammellinse, Condensor — stets von einer begrenzten Fläche aus, welche, indem ihre Theile Strahlen einer primären Lichtquelle durch Spiegelung oder Brechung auf das Präparat leiten, diesem gegenüber wie selbstleuchtend sich verhält, und zwar — abgesehen von den Lichtverlusten durch Spiegelung und Brechung — selbstleuchtend mit der wirklichen Leuchtkraft der primären Lichtquelle. Die Grösse und die Lage dieser wirksamen Lichtfläche (der Fläche des Hohlspiegels z. B.) bestimmt für jeden Punkt des Präparats einen kegelförmigen Raum, dessen Fortsetzung nach dem Mikroskop hin den Strahlenkegel ergibt, der von jeder durchsichtigen Stelle des Objects aus divergirend in das Objectiv eintritt, soweit derselbe innerhalb des Winkelraums der freien Oeffnung fällt und soweit er

1) Das Mikroskop. Leipzig 1867. pag. 85 ff.

nicht durch irgend welche Ablenkungen im Präparat ganz oder theilweise in andere Richtungen gelenkt wird. Die Spur dieses Strahlenkegels und der etwa aus ihm abgelenkten Strahlen erscheint als Bild der lichtgebenden Fläche (z. B. des Spiegels) in der obern Focalebene des Objectivs wie auch im Augenpunkt des Oculars, und kann daselbst direct beobachtet werden; wobei u. A. der illusorische Charakter der angenommenen Unterschiede von convergirender, divergirender und parallelstrahliger Beleuchtung sinnenfällig hervortritt. — Kein noch so künstlicher Beleuchtungsapparat (Condensor) giebt jemals eine intensivere Beleuchtung als die primäre Lichtquelle unmittelbar geben könnte, wenn man sie dem Objecte hinreichend nahe bringen würde. Kein solcher Apparat kann also einen andern Zweck wirklich erreichen, als den, mit Hilfe einer Lichtquelle von gegebener Lage und gegebener Ausdehnung eine beliebig gelegene und beliebig begrenzte mittelbar leuchtende Fläche von einer — bis auf die Lichtverluste — gleichen Leuchtkraft unter dem mikroskopischen Präparat herzustellen.

Als praktische Anwendung dieser Sätze ergiebt sich eine Beleuchtungsvorrichtung, welche sich von anderweit bekannten Apparaten dieser Art — sogen. Condensoren — dadurch unterscheidet, dass sie nicht den Anspruch macht, Wirkungen erzielen zu wollen, die theoretisch unmöglich, desshalb sicher auch nur in der Einbildung vorhanden sind, und welche dafür diejenigen Vortheile, die ein complicirterer Apparat gegenüber dem gewöhnlichen Beleuchtungsspiegel überhaupt darbieten kann, mit einfachen Mitteln wirklich in Geltung bringt. (S. den folgenden Aufsatz in diesem Heft).

12. Die auf die Lichtstärke des Mikroskops bezüglichen Fragen endlich finden ihre erschöpfende Antwort durch das folgende allgemein erweisbare Theorem:

Wenn von den Lichtverlusten durch Reflexion an den Linsen des Mikroskops abgesehen wird, ist die Helligkeit der vollkommen oder partiell durchsichtigen Theile eines Präparats im mikroskopischen Bilde genau diejenige, mit welcher sie beim directen Sehen erscheinen würden, wenn vor die Pupille des Auges ein Diaphragma gestellt wäre, dessen freie Oeffnung congruent ist dem Bilde der lichtgebenden Fläche (des Spiegels z. B.), so wie es im letzten Oeffnungsbild über dem Ocular des Mikroskops entworfen wird, — dabei das Präparat, in seiner

Flächenausdehnung beliebig vergrössert, gegen die primäre Lichtquelle als Hintergrund gesehen vorausgesetzt.

Als unmittelbare Folgerungen hieraus ergeben sich folgende Sätze:

Die Helligkeit des mikroskopischen Bildes kann unter keinen Umständen diejenige übersteigen, mit welcher das Object dem freien Auge erscheinen würde. Für jeden bestimmten Winkeldurchmesser des abbildenden Strahlenkegels, sei nun dieser durch die freie Oeffnung des Mikroskops oder durch den Umfang der lichtgebenden Fläche begrenzt, giebt es aber eine bestimmte Vergrösserungsziffer, unterhalb welcher die Helligkeit des Bildes der des direct gesehenen Objects stets gleich ist. Es ist diejenige Vergrösserung, bei welcher der Durchmesser des Bildes im Augenpunkt des Mikroskops dem der Pupille grade gleich wird.

So lange der Oeffnungswinkel des Objectivs kleiner ist als derjenige des zur Beleuchtung dienenden Strahlenkegels, wächst die Lichtstärke mit dem Oeffnungswinkel des ersteren und ist unabhängig von dem des letzteren; sobald aber — wie bei allen stärkeren Systemen der Fall — das Mikroskop einen grösseren Oeffnungswinkel hat als der vom Beleuchtungsapparat ausgehende Lichtkegel, vertauschen sich die Rollen beider.

Unter sonst gleichen Umständen hängt die Helligkeit der Bilder allein von der Vergrösserungsziffer ab, wofern das erwähnte Bild der lichtgebenden Fläche im Augenpunkt des Oculars kleiner als die Pupillenöffnung des Auges geworden ist; jene ist alsdann dem Quadrate der linearen Vergrösserung umgekehrt proportional. Im Besondern bleibt die Lichtstärke bei einer bestimmten Vergrösserung unabhängig davon, ob diese durch ein starkes Objectiv und ein schwaches Ocular, oder umgekehrt, erzielt ist — wie sich durch ein einfaches ganz stringentes Experiment auch empirisch darthun lässt. Ebenso sind alle Objective, deren Oeffnung den grössten möglicher Weise zur Verwendung kommenden Divergenzwinkel der einfallenden Strahlen (40—50 Grad) überschreitet, wie verschieden auch ihre sonstige Vollkommenheit sein mag, in Hinsicht auf die Lichtstärke (bis auf praktisch unmerkliche Differenzen in den Lichtverlusten) einander sämmtlich gleich, sobald sie unter gleicher Gesammtvergrösserung benutzt werden. — Die vermeintlichen Thatsachen, welche diesen letzteren Folgerungen entgegenzustehen scheinen, erklären sich daraus, dass alle Unterschiede in

der Schärfe und Deutlichkeit der Bilder unwillkürlich und unbewusst als Unterschiede der Helligkeit gedeutet werden.

III. Die physikalischen Bedingungen für die Abbildung feiner Structuren.

13. Dass die Leistungen des Mikroskops nicht in allen Fällen von der geometrischen Vollkommenheit der Bilder allein abhängen, sondern, gewissen Classen von Objecten gegenüber, ausser durch jene noch durch die Grösse des Oeffnungswinkels bedingt seien, ist eine seit lange anerkannte Thatsache, deren Gewicht auch die Construction der Mikroskope in neuerer Zeit stark beeinflusst hat. Was aber die eigentliche Bedeutung dieser Thatsache sei, ist nichtsdestoweniger ebenso problematisch geblieben, wie das Wesen der besondern Capacität (Auflösungs- oder Unterscheidungsvermögen), welche man darauf hin dem Mikroskop hat beilegen müssen. Namentlich aber blieb fraglich, wie hoch der Nutzen dieses an den Oeffnungswinkel geknüpften Vermögens für den allgemeinen wissenschaftlichen Gebrauch des Instruments anzuschlagen sei und ob seine Tragweite überhaupt hinausreiche über gewisse specielle Vorkommnisse, bei welchen Schatteneffecte durch schiefe Beleuchtung vermuthet wurden. — Bei meinem Versuch, die Construction des Mikroskops auf die Theorie zu gründen, musste ich mir ganz besonders angelegen sein lassen, die Ansprüche festzusetzen, welche im Interesse der allgemeinen, normalen Leistungen an den Oeffnungswinkel der Mikroskope zu stellen sind, wenn ich nicht Gefahr laufen wollte, einer blossen Tradition folgend, meine Arbeit vielleicht auf Ziele von sehr problematischem Werth zu richten. Wie ich glaube, werden denn auch die einschlagenden Fragen durch die nachfolgenden Ergebnisse insoweit definitiv erledigt, als nicht durch diese Ergebnisse selbst neue Thatsachen in den Gesichtskreis treten, die ihrerseits wieder Probleme anderer Art anregen.

Da es vor Allem darauf ankommen musste, zum Thatbestand der vom Oeffnungswinkel abhängigen Wirkungen eine festere Position zu gewinnen, als die mikrographische Literatur geben konnte, habe ich zunächst durch Experimente die Frage zu beantworten gesucht: in welchen Fällen besteht ein Unterschied zu Gunsten des grösseren Oeffnungswinkels und in welchen Fällen besteht ein solcher nicht, wenn alle sonstigen Verschiedenheiten, welche die

Wirkung möglicherweise beeinflussen können, auf das Sorgfältigste eliminirt werden? Hierzu hat mir eine Reihe von Objectiven mit sehr verschiedener Brennweite und sehr verschiedener Oeffnung gedient, welche nach meiner Berechnung mit äusserster Accuratesse ausgeführt worden waren und welche, auf ihre Correctheit noch besonders geprüft, für die Vergleichbarkeit der Beobachtungen sichere Gewähr leisteten. Als Probeobjecte sind dabei benutzt worden: allerlei Schmetterlingsschuppen und Diatomeenschalen, gestreifte Muskelfasern, Diamanttheilungen auf Glas, Liniensysteme in verschwindend dünnen Silberschichten auf Glas, feinere und gröbere Pulver u. A., daneben aber auch die kleinen optischen Bildchen makroskopischer Objecte (Stabgitter, Drahtgeflecht), welche man durch Luftblasen oder — besser — durch ein auf den Tisch des Mikroskops gelegtes Objectiv von kurzer Brennweite erhalten kann.

14. Durch solche Versuche hat sich ergeben:

1) So lange die freie Oeffnung so gross bleibt, dass aus ihrer Diffractionswirkung keine merkliche Abnahme der Schärfe entspringt, tritt ein Unterschied in der fraglichen Richtung nicht hervor in Bezug auf die Abbildung der Contouren mikroskopischer Objecte, d. h. der Grenzen zwischen ungleich durchsichtigen Theilen im Gesichtsfeld, wofern diese Theile nicht unter ca. 0,01 Mm. herabgehen.

2) Dagegen besteht ein solcher Unterschied constant zu Gunsten des grösseren Oeffnungswinkels gegenüber allen Objecten, welche irgend ein Detail unter jener Grenze der Kleinheit zeigen, gleichgültig, ob dieses Detail durch Unebenheiten der Oberfläche oder durch blosse Unterschiede der Durchsichtigkeit in einer verschwindend dünnen Schicht hervorgerufen wird und gleichgültig, ob es die Form von Streifungen, Gitterzeichnungen, Körnungen etc. hat. Er tritt in gleichem Sinne auch an den erwähnten optischen Bildchen makroskopischer Gegenstände hervor.

3) Je kleinere lineare Dimensionen das betreffende Detail besitzt, desto grösser muss der Oeffnungswinkel des Objectivs sein, wenn jenes bei einer bestimmten Art der Beleuchtung, z. B. bei rein centraler oder bei möglichst schiefer, wahrgenommen werden soll, und zwar unabhängig von der grösseren oder geringeren Markirtheit der Zeichnung und unabhängig von der Brennweite und der förderlichen Vergrösserung

des Objectivs. Bei kleinem Oeffnungswinkel kann die Abbildung schon lange vor derjenigen Grenze der Kleinheit, die der förderlichen Vergrösserung entspricht, aufhören.

4) Wo das Detail an wirklichen Objecten in Form von Streifungen, Liniensystemen u. dergl. erscheint, erreicht ein und derselbe Oeffnungswinkel bei schiefem Lichteinfall constant merklich feineres Detail als bei centraler Beleuchtung und zwar ganz unabhängig davon, ob die Beschaffenheit der Objecte die Möglichkeit von Schatteneffecten zulässt oder vollständig ausschliesst.

5) Eine Structur der gedachten Art, welche ein bestimmtes Objectiv bei gerader Beleuchtung nicht wahrnehmbar macht, wird auch nicht wahrnehmbar, wenn man das Object unter beliebigem Winkel gegen die Axe des Mikroskops neigt, selbst wenn dasselbe, senkrecht zur Axe liegend, durch schiefes Licht vollkommen aufgelöst würde. Die Auflösung tritt aber sogleich ein, wenn gleichzeitig der einfallende Lichtkegel senkrecht gegen die Ebene des Objects gerichtet wird. Demnach hängt die Steigerung der Wirkung unter schiefer Beleuchtung ausschliesslich von der Neigung der Strahlen gegen die Mikroskopaxe, aber nicht von ihrem schiefen Einfall auf das Object ab.

Die hier angeführten Thatsachen bekunden auf der einen Seite die Realität eines von der sonstigen Vollkommenheit der Objective und von der Vergrösserungskraft unabhängigen, an den Oeffnungswinkel als solchen geknüpften specifischen Vermögens, und bestimmen dasselbe — in guter Uebereinstimmung mit dem Wortsinne der üblichen Benennung — als ein Vermögen zur Auflösung oder Unterscheidung des mikroskopischen Details; auf der andern Seite aber enthalten sie auch den unzweideutigen Hinweis darauf, dass die Abbildung sehr feiner körperlicher Structuren auf wesentlich andern Bedingungen als die Abbildung der Contouren gröberer Theile beruhen müsse. In allen Fällen, wo ein derartiges Auflösungsvermögen, d. h. ein directer Einfluss des Oeffnungswinkels, sei es positiv, sei es negativ, in Geltung tritt, kann die dioptrische Wiedervereinigung der von den Objectpunkten ausgehenden Strahlenbüschel in einer Bildfläche unbedingt nicht der zureichende Grund für die Abbildung des Objects sein, weil auf eine solche Voraussetzung hin die nachgewiesenen Unterschiede absolut unerklärbar bleiben würden. — Das Resultat dieser Vorarbeit hat daher die eigentliche Aufgabe

der Untersuchung dahin formuliren lassen: besondere Ursachen ausserhalb des Mikroskops, welche bei der Abbildung kleinen körperlichen Details mitwirken, nachzuweisen und sodann die Modalitäten ihres Eingreifens in den dioptrischen Vorgang im Einzelnen festzustellen.

Beide Forderungen haben sich sowohl auf theoretischem wie auch auf experimentellem Wege in einem für die nächsten Bedürfnisse ausreichenden Umfang erledigen lassen.

15. Die Undulationstheorie des Lichts weist in den Erscheinungen der Diffraction oder Beugung eine charakteristische Veränderung nach, welche körperliche Structuren, nach Maassgabe der Kleinheit ihrer Dimensionen, an den hindurchtretenden (eventuell auch an reflectirten) Lichtstrahlen hervorbringen. Sie besteht im Allgemeinen in einer Auflösung jedes einfallenden Lichtstrahls in je eine Strahlengruppe von grosser Winkelausbreitung mit periodisch wachsender und abnehmender Intensität innerhalb dieser. Für den besondern Fall von regelmässigen Schichtungen, Streifungen, Punktreihen u. dergl. liefert die mathematische Theorie eine vollständige Bestimmung der Erscheinung, die alsdann darin aufgeht, dass aus dem einfallenden und geradlinig fortgehenden Lichtstrahl nach entgegengesetzten Seiten hin eine Reihe isolirter Strahlen in regelmässigen Winkelabständen abgesondert (abgebeugt) wird; diese Winkelabstände sind aber für jede einzelne Farbe proportional ihrer Wellenlänge, nehmen also von Violett zu Roth stetig zu, und sind ausserdem umgekehrt proportional der Distanz der Theile in der wirksamen Structur. Wird daher ein mikroskopisches Präparat von der betrachteten Beschaffenheit durch einen Lichtkegel getroffen, wie ihn z. B. der Beleuchtungsspiegel des Mikroskops liefert, so tritt dieser nicht einfach nach seiner geradlinigen Fortsetzung in das Objectiv ein, sondern die Structur des Präparats scheidet aus dem directen Licht eine Anzahl abgelenkter Lichtkegel mit auseinandertretenden Farben aus, welche je nach der grösseren oder geringeren Feinheit der Structur grössere oder geringere Winkel mit der Richtung der ungebeugten Strahlen bilden. Derartige Objecte senden also Punkt für Punkt mehrere isolirte Lichtbüschel zum Objectiv, deren Anzahl und Anordnung innerhalb eines bestimmten Winkelraums von der Lage der lichtgebenden Fläche (des Spiegels z. B.) und von der Structur des Präparats abhängt.

Diese theoretisch vorauszusagende und auch nach ihren Maass-

verhältnissen genau zu berechnende Wirkung kann mittelst der unter (4) erwähnten Oeffnungsbilder, welche die Abbildung der Objecte im Mikroskop begleiten, sehr einfach beobachtet werden. Man stellt ein Object der fraglichen Art mit dem Mikroskop ein, so dass das Detail sichtbar wird, entfernt sodann das Ocular und sieht entweder mit freiem Auge in den offenen Tubus herab oder stellt mit einem passend eingerichteten Hilfsmikroskop von sehr geringer (10—20maliger) Vergrösserung, welches an Stelle des Oculars in den Tubus eingesenkt wird, auf die obere Focalebene des Objectivs ein [1]). Man sieht alsdann das Bild des Spiegels (oder was sonst die lichtgebende Fläche sein mag), wie es von den ungebeugten Strahlen erzeugt wird, umgeben von einer grösseren oder kleineren Anzahl von Nebenbildern, in Form von unreinen Farbenspectren, deren Farbenfolge, vom Hauptbilde aus gerechnet, stets von Blau zu Roth geht.

Objecte mit mehreren sich kreuzenden Liniensystemen zeigen dabei nicht nur in der Richtung der Senkrechten zu jeder Gruppe je eine Reihe von Beugungsbildern, sondern — den Forderungen der Theorie entsprechend — ausserdem noch andere solche Reihen in den Winkeln zwischen jenen Senkrechten. — Schmetterlingsschuppen und Diatomeen zeigen diese Phänomene in der grössten Mannigfaltigkeit. Die gröberen unter ihnen gestatten die Beobachtung schon mit schwachen Systemen von geringem Oeffnungswinkel; die feineren — von Pleuros. ang. an — verlangen grosse Oeffnung, wenn auch nur die dem Hauptbilde des Spiegels nächstliegenden Beugungsbilder in die Oeffnungsfläche fallen sollen. Für deren Beobachtung ist ein schwaches Immersionsobjectiv am besten geeignet [2]).

1) Der allgemeine Charakter dieser Beobachtungsweise ist dadurch gekennzeichnet, dass dabei das abbildende Mikroskopsystem als Objectiv eines Miniatur-Fernrohrs fungirt, indem es die vor ihm liegenden Gegenstände in seinem hintern (obern) Focus abbildet. Der Oeffnungswinkel des Mikroskops wird alsdann das angulare Gesichtsfeld dieses Fernrohrs. Die abbildenden Strahlen müssen dabei sämmtlich das eingestellte Präparat passiren, daher denn alle Ablenkungen, welche dieses bewirkt, in dem kleinen Fernrohrbildchen sichtbare Nebenbilder der äussern leuchtenden Gegenstände, der Spiegelfläche z. B., herbeiführen. — Es versteht sich von selbst, dass diese Methode auch zum Studium der Structur solcher Präparate dienen kann, in welchen geformte Theile Ablenkungen durch Brechung des Lichts herbeiführen.

2) Auf einem ganz andern Wege sind die Beugungsphänomene bei den

16. Die hier angegebene Methode zur directen Beobachtung der Lichtstrahlung, die von mikroskopischen Objecten ausgeht, gestattet zugleich die experimentelle Entscheidung der Frage, welche Rolle das betrachtete Beugungsphänomen bei der Abbildung der betreffenden Structuren spielt. Die Antwort darauf hat sich ohne Weiteres ergeben, indem ich nach Einstellung der geeigneten Probeobjecte und passender Regulirung des einfallenden Lichts durch Diaphragmen dicht oberhalb des Objectivs, möglichst nahe seinem obern Focus, bald diesen bald jenen Theil der im Beugungsphänomen erscheinenden Strahlengruppe abblendete, um hierauf das mikroskopische Bild des Präparats, wie es von den nicht abgeblendeten Strahlen allein erzeugt wurde, mit dem gewöhnlichen Ocular in Augenschein zu nehmen. — Das Folgende enthält die unmittelbaren Ergebnisse derartiger Experimente; wobei ich nur bemerke, dass alle entscheidenden Versuche mit sehr correcten schwachen Objectiven — 30 bis 6 Mm. Brennweite — und den entsprechenden geringen Vergrösserungen ausgeführt sind, stärkere aber, besonders ein Immersionsobjectiv von 3 Mm., nur benutzt wurden, um die an gröberen Objecten schon gewonnenen Resultate an einigen feinen Diatomeen zu controliren. — Die Präparate für die entscheidenden Experimente waren allein Gebilde von genau bekannter Structur: verschiedene, durch fein zertheiltes Caput mortuum hergestellte Körnungen, in Glas geritzte Liniensysteme von 0,03 bis 0,002 Mm. Linienabstand und ähnliche Liniengruppen in Silberniederschlägen auf Glas, wobei die Silberschicht eine auch für das stärkste Mikroskop unwahrnehmbare Dicke besass; gekreuzte Liniengruppen ohne Niveaudifferenz wurden durch Uebereinander-

---

Diatomeen schon von Flögel (Botan. Zeit. 1869, Nr. 43—45) studirt und zur Bestimmung der Streifendistanz benutzt worden. Auch die hier angewandte Beobachtungsmethode kann für letzteren Zweck sehr gut dienen, da der unter (4) angeführte theoretische Satz es möglich macht, aus dem gemessenen linearen Abstand der Beugungsspectra im Oeffnungsbild, unabhängig von der Richtung des Lichteinfalls, die Streifendistanz zu berechnen, wenn man die Brennweite des Objectivs kennt. Es genügt dazu ein Ocularmikrometer in dem Mikroskop, mit welchem man das Oeffnungsbild beobachtet. Wenn man zur Beleuchtung eine schmale Lichtfläche unter dem Präparat und recht intensives Licht verwendet, kann man die Spectra so scharf erhalten, dass bei sehr regelmässigen Streifungen — wie z. B. auf Pleur. ang. — sogar einige Fraunhofer'sche Linien sichtbar werden.

legen von zwei einfachen Theilungen, die eine an der untern Fläche des Deckglases, hergestellt. — Die so gewonnenen Thatsachen sind:

1) Wenn alles durch die Beugung aus den einfallenden Strahlen ausgesonderte Licht vollständig abgeblendet wird, so dass allein der übrig bleibende ungebeugte Strahlenbüschel die Abbildung des Präparats vermittelt, so hat diess auf die Schärfe der Contouren zwischen ungleich durchsichtigen Stellen des Sehfeldes keinen Einfluss, so lange das Diaphragma gross genug bleibt, um nicht durch seine Diffractionswirkung eine sichtbare Depression der förderlichen Vergrösserung herbeizuführen. Auch wird dadurch die deutliche Wahrnehmung getrennter Theile nicht in merklichem Grade behindert, wenn deren nicht mehr als 30—50 auf den Millim. kommen [1]). Je weiter aber diese Zahl überschritten wird, desto mehr verschwimmt das Detail, so dass schon bei ca. 100 pro Mm. nur eine gleichförmige Fläche sichtbar bleibt, welche Vergrösserung auch angewandt wird, und zwar ebenso bei gerader wie bei beliebig schiefer Beleuchtung. Schon zwei Theile, z. B. zwei Diamantstriche oder zwei Linien in einer Silberschicht, werden unter den bezeichneten Verhältnissen ununterscheidbar und erscheinen als ein breiterer Strich mit scharfen Contouren. Mit dem stärksten Immersionsobjectiv ist von der Zeichnung auf Pleur. ang. nicht das geringste zu erkennen; und die groben Längsstreifen auf Hipparchia Jan. bleiben selbst bei 200facher Vergrösserung unwahrnehmbar. — Bei Körnungen und anderem unregelmässigen Detail lässt sich das gebeugte Licht von dem ungebeugten nicht vollständig sondern. Dem entsprechend tritt bei möglichster Abblendung zwar kein absolutes Verschwinden aller Theile, aber doch eine so grosse Undeutlichkeit des Bildes ein, dass der feinere Inhalt des Präparats in gleichmässiges Grau übergeht.

2) Wenn alle Strahlen abgeblendet werden bis auf einen durch Beugung erzeugten Büschel, so liefert dieser ein mehr oder minder lichtstarkes positives Bild von den die Beugung bewirkenden Theilen des Objects in dunklem Felde, aber gleichfalls ohne alles Detail. (Theilungen erscheinen als gleichmässig helle Flächenstreifen auf schwarzem Grunde.)

---

1) Diese Grenzbestimmung ist desshalb unsicher, weil bei geringer Ablenkung der gebeugten Strahlen nur durch sehr enge Diaphragmen die vollständige Abblendung zu erreichen ist.

3) Wenn dagegen mindestens zwei getrennte Lichtbüschel in das Mikroskop eingelassen werden, so zeigt das Bild stets ein scharf markirtes Detail, sei es in Form eines oder mehrerer Liniensysteme oder in Form isolirter Felder. Dabei ist es gleichgiltig, ob unter den eintretenden Strahlenkegeln das ungebeugte Licht enthalten ist oder nicht, d. h. ob das Bild in hellem oder in dunklem Gesichtsfeld erscheint. Andere Lichtbüschel in Wirksamkeit gesetzt, entsteht aber immer anderes Detail — verschieden, entweder nach dem Grade der Feinheit oder nach der Art der Zeichnung —; und dieses Detail braucht weder dem Inhalte des mikroskopischen Bildes bei normaler Beleuchtung noch auch der anderweit bekannten wirklichen Structur des Objects conform zu sein. Einige nähere Bestimmungen in Betreff des letzten Punktes enthalten die beiden folgenden Sätze.

4) Ein einfaches Streifensystem wird zwar stets auch als solches abgebildet, wenn zwei oder mehrere Lichtbüschel zur Wirkung gelangen, aber in doppelter, dreifacher . . . Feinheit, sobald unter jenen nicht zwei consecutive Büschel enthalten sind, sondern ein, zwei, ... zwischenliegende übersprungen werden; eine Gruppe von nur zwei Linien im Object z. B. erscheint dabei als aus drei, vier . . . getrennten Strichen zusammengesetzt. Die so erzeugten Scheinbilder sind aber in Hinsicht auf ihre Schärfe und die Constanz ihres Auftretens bei keiner Vergrösserung von dem normalen Bilde einer wirklich doppelt, dreifach, . . . so feinen Streifung gleicher Art zu unterscheiden, wie sich durch ein eclatantes Experiment, bei welchem eine solche verdoppelte Theilung unmittelbar neben dem Bilde einer wirklich doppelt so feinen im Gesichtsfeld erscheint, darthun lässt.

5) Wenn zwei einfache Gitter in demselben Niveau unter beliebigem Winkel sich kreuzen, so kann man nicht nur durch geeignete Regulirung des Lichtzutritts nach Belieben beide Liniensysteme einzeln oder gleichzeitig sichtbar machen, sondern man kann auch durch andere Formen der Abblendung in gleicher Schärfe und Markirtheit zahlreiche neue Liniensysteme, welche als solche im Object gar nicht vorhanden sind, und mannigfach geformte Felder, zur Erscheinung bringen. Die neu auftretenden Liniengruppen entsprechen dabei, nach ihrer Lage und der Liniendistanz in

ihnen, stets den möglichen Formen, nach welchen sich die Kreuzungspunkte der wirklichen Striche im Object in äquidistante Reihen ordnen lassen.

So zeigt u. A. ein Kreuzgitter mit senkrechter Kreuzung zwei secundäre Streifungen in den Richtungen der Diagonalen, deren Linienabstand zur Distanz der wirklichen Striche sich wie $1 : \sqrt{2}$ verhält; aber auch noch vier (zarter gezeichnete) im Verhältniss von $1 : \sqrt{5}$ engere Gruppen, welche je um ca. 27° zu einer Gitterrichtung geneigt sind. Bei einer Kreuzung unter 60° tritt, abgesehen von anderen feineren Liniensystemen, in gleicher Stärke mit den im Object wirklich vorhandenen ein drittes System mit demselben Linienabstand auf, um 60° Grad gegen die andern geneigt, und man erblickt, wenn alle drei gleichzeitig erzeugt werden, statt der rhombischen Felder vollkommen scharf begrenzte Sechsecke, ganz von der Art wie auf Pleur. ang. zu sehen sind. — Ich füge hinzu, dass alle hier namhaft gemachten, der Structur der bekannten Objecte nicht conformen Erscheinungen stets bei derselben Einstellung, welche auch das normale Bild scharf hervortreten lässt, beobachtet werden und dass sie bei den verschiedensten Combinationen von Objectiven und Ocularen, wenn die Beleuchtung in derselben Weise regulirt wird, mit derselben Constanz eintreten. Der Einfluss der Diffraction, welche die Diaphragmen über dem Objectiv ausüben, ist durch directe Controlversuche eliminirt worden.

Weiteres Detail über diese Phänomene kann nicht gegeben werden ohne genaueres Eingehen auf die theoretischen Gesetze der Diffraction. Aus dem gleichen Grunde unterlasse ich hier, auch den Zusammenhang zwischen den eben angeführten Thatsachen und dem unter (14) erwähnten Verhalten kleiner optischer Bildchen nachzuweisen. Dagegen sei noch das Folgende hervorgehoben:

6) Die in den beschriebenen Experimenten benutzte Manipulation, das partielle Abblenden der vom Object ausgehenden Lichtstrahlung, kommt unter den gewöhnlichen Verhältnissen bei der Beobachtung aller feineren mikroskopischen Gebilde unbeabsichtigter aber auch unvermeidlicher Weise zur Anwendung. Denn sobald das Detail eines Objects in seinen linearen Dimensionen auf kleine Vielfache von der Wellenlänge des Lichts[1]) herabgeht, kann — wie

1) Die Wellenlänge des Roth ist $= 0{,}76\mu$; des dunkeln Blau $= 0{,}43\mu$. Zur Vergleichung sei der Streifenabstand auf einigen bekannten Probeobjecten

die Rechnung und die Beobachtung zeigt — auch ein sehr grosser Oeffnungswinkel des Objectivs nie mehr als einen kleinen Theil der ganzen durch die Beugung erzeugten Strahlengruppe gleichzeitig aufnehmen. Dieser Theil aber wird immer ein anderer, sowohl wenn bei gleich bleibender Beleuchtungsrichtung der Oeffnungswinkel grösser oder kleiner wird, wie auch wenn bei constantem Oeffnungswinkel die Beleuchtung wechselt. Hierauf kommen alle — mir bekannten — Modificationen zurück, welche die Bilder feiner Structuren unter anderem Oeffnungswinkel und unter anderem Lichteinfall bei aberrationsfreien Objectiven zeigen. Die constante Steigerung des Auflösungsvermögens durch schiefe Beleuchtung namentlich, also sowohl das Sichtbarwerden von neuem Detail, wie auch das markirtere Hervortreten des bei centralem Licht schon erkennbaren, ist in allen Fällen allein dadurch bedingt, dass bei schiefem Lichteinfall Beugungsbüschel in die freie Oeffnung hereintreten, die wegen ihrer starken Ablenkung sonst ausserhalb derselben bleiben, oder dass Beugungsbüschel, die bei centraler Beleuchtung nur unvollkommen aufgenommen werden, jetzt voll in das Mikroskop eintreten und, unter gleichzeitiger Abschwächung der ungebeugten Strahlen, mit grösserer Intensität zur Wirkung gelangen. — Abgesehen hiervon aber kommen bei der gewöhnlichen Beobachtungsweise auch solche Abblendungsformen vor, welche die Bedingungen für die unter (5) aufgeführten Wirkungen enthalten. In Folge dessen können an allen Objecten, welche überhaupt zwei einigermaassen gleichartige Streifungen darbieten, durch blosse Veränderung des Lichteinfalls deren noch mehrere in andern Richtungen sichtbar gemacht werden, wofern der Oeffnungswinkel des angewandten Objectivs zur Feinheit der Streifung ein passendes Verhältniss hat — wie u. A. an mehreren Diatomeen deutlich hervortritt. Selbst Abblendungen von solcher Wirkung wie in den Experimenten unter (4) können vielfach unbeabsichtigter Weise eintreten; es erklärt sich daraus z. B. das Auftreten feiner Längslinien zwischen den groben Längsstreifen auf Hipp. Jan., wie starke Objective unter gewissen Spiegelstellungen solche sichtbar machen.

17. Die hier aufgeführten Thatsachen scheinen mir hinreichend, um theils unmittelbar, theils in Verbindung mit unanfechtbaren

---

hier angeführt: Längsstreifen auf Hipp. Jan. 2μ, Querstreifen $0{,}7\mu$; Pleuros. ang. $0{,}48\mu$; Surirella Gemma $0{,}3\mu$; Frustulia Saxonica $0{,}25\mu$.

Lehrsätzen der Undulationstheorie, eine Reihe wichtiger Schlussfolgerungen, welche sowohl die mikroskopische Wahrnehmung als solche, wie auch die Einrichtung und den Gebrauch des Mikroskops berühren, sicher zu begründen. — Zunächst die Consequenzen in der ersten Richtung:

Solche Theile der mikroskopischen Präparate, welche entweder durch ihre Isolirtheit (einzelne Fäden, Körnchen u. dergl.) oder durch ihre, relativ zu den Lichtwellen, beträchtliche Grösse, selbst keine Beugung von merklichem Betrage herbeiführen, bilden sich im Mikroskop nach den gewöhnlichen dioptrischen Gesetzen der Strahlenconcentration ab. Die Abbildung geschieht dabei rein negativ, nämlich allein durch den ungleichen Lichtausfall, den in homogenen Massen partielle Absorption (z. B. Färbung) oder theilweise Ablenkung der Strahlen durch Brechung, in Theilen mit innerer Structur aber die durch diese bedingte Beugung hervorbringt. Das so erzeugte Absorptionsbild ist dem Object selbst unbedingt ähnlich und lässt bei richtiger stereometrischer Deutung des flächenhaft Gesehenen einen vollkommen sichern Rückschluss auf die — morphologische — Zusammensetzung desselben zu.

Alle feinere Structur hingegen, deren Elemente klein und nahe genug sind, um durch ihr Nebeneinandersein ein merkliches Beugungsphänomen hervorzurufen, wird nicht more geometrico abgebildet, d. h. nicht so, als ob die vom Object ausgehenden homofocalen Strahlenbüschel, indem sie nach vielerlei Veränderungen schliesslich wieder homofocale Büschel mit reellen oder virtuellen Vereinigungscentren werden, jenes Punkt für Punkt auf einer Bildfläche copirten. Denn wenn auch alle dioptrischen Bedingungen hierzu vollständig erfüllt sind, enthält doch das Bild Nichts von solchen Elementen, wofern nicht mindestens zwei der Theilstrahlen, welche durch die Zerlegung des Lichts entstehen, wieder vereinigt werden.

Für Jeden, der sich die Voraussetzungen deutlich macht, auf denen die gewohnte Annahme der Aehnlichkeit zwischen einem Objecte und seinem optischen Bilde beruht, muss das Gesagte zu dem Schlusse ausreichen: dass unter den nachgewiesenen Umständen eine solche Annahme eine vollkommen willkürliche Hypothese wird. Als positive Instanz steht ihr aber die Folgerung entgegen, zu welcher die unter 4) und 5) angeführten Versuche, bei genauerer

Discussion ihrer Resultate, führen: dass verschiedene Structuren stets das nämliche mikroskopische Bild liefern, sobald die Verschiedenheit des an sie geknüpften Beugungseffectes für das Mikroskop künstlich beseitigt wird; und dass gleiche Structuren stets verschiedene Bilder liefern, wenn der Beugungseffect, in dem für das Mikroskop wirksam werdenden Theil, künstlich ungleich wird. Damit ist aber gesagt, dass die unter Mitwirkung des Beugungsvorgangs entstandenen Structurbilder in keinem constanten Zusammenhang mit der wirklichen Beschaffenheit der sie veranlassenden Objecte, vielmehr blos in constantem Zusammenhang mit dem die Abbildung vermittelnden Diffractionsphänomen stehen.

Es ist hier nicht der Ort, auf die physikalische Erklärung dieser Erscheinungen näher einzugehen. Doch sei angeführt, dass die hier aus den unmittelbar beobachteten Thatsachen gezogenen Schlüsse in der Undulationstheorie des Lichtes ihre vollständige Rechtfertigung finden. Nicht nur lässt sich nach deren Grundsätzen davon Rechenschaft geben, warum mikroskopisches Structurdetail nicht nach dioptrischen Regeln abgebildet wird, sondern es lässt sich auch genau nachweisen, wie die anderweitige Art von Abbildung, welche die Beugungsbüschel hervorrufen, zu Stande kommt. Man kann zeigen, dass die in der obern Focalebene des Objectivs auftretenden Bilder der lichtgebenden Fläche — das directe Bild und die durch Beugung entstandenen Nebenbilder — in correspondirenden Stellen je gleiche Schwingungsphasen repräsentiren müssen, wenn man jede einzelne Farbe für sich betrachtet. Diese Oeffnungsbilder verhalten sich demnach ganz ebenso, wie z. B. die beiden Spiegelbilder einer Lichtflamme beim Fresnel'schen Interferenzversuch; das Zusammentreffen der von ihnen ausgehenden Strahlen muss in Folge der eintretenden Interferenzen einen periodischen Wechsel von Licht und Dunkelheit herbeiführen, dessen Form- und Maassverhältnisse von der Zahl, der Anordnung und dem gegenseitigen Abstand der interferirenden Lichtflächen abhängen. Die im Gesichtsfeld des Mikroskops erscheinende Structurzeichnung ist in allen ihren Merkmalen, sowohl in denjenigen, die der Beschaffenheit des Objects möglicher Weise conform, wie auch in denjenigen, die ihr nicht conform sind, nichts Anderes als das Resultat des Interferenzvorgangs beim

Zusammentreffen der sämmtlichen wirksamen Strahlenbüschel.

Der unter (4) erwähnte Satz über den Zusammenhang zwischen den linearen Abständen im Oeffnungsbild und den Richtungsdifferenzen der eintretenden Strahlen, in Verbindung mit der in (6) gelehrten schematischen Zerlegung des Mikroskops, gewährt die ausreichende Grundlage zur vollständigen Durchführung dieser Folgerung. Es lässt sich daraus ableiten, dass bei einem achromatischen Objective die Interferenzbilder für alle Farben coincidiren, also — zum Unterschied von allen sonst bekannten Interferenzphänomenen — eine achromatische Gesammtwirkung ergeben müssen; ferner, dass die Maassverhältnisse der so erzeugten Bilder von denen der wirklichen Structur stets so abhängen, wie die lineare Vergrösserung des Mikroskops für dioptrische Bilder es mit sich bringen würde, und zwar bei jeder Einrichtung des optischen Systems und (von möglichen Verschiedenheiten des Beugungseffectes abgesehen) bei jeder Art der Beleuchtung; u. A. m. Nicht nur finden daraufhin alle Thatsachen der Beobachtung, wie sie unter (16) angeführt sind, ihre genügende Erklärung; es lässt sich auch das Structurbild, welches irgend ein beliebiges Object bei einer bestimmten Beleuchtung zeigen wird, in allen Einzelheiten vorausberechnen, wenn man nur das zur Wirkung kommende Beugungsphänomen nach Zahl, Anordnung und Lichtstärke der sämmtlichen Beugungsspectra gegeben erhält.

18. Das Endresultat dieser Betrachtung stellt sich demnach dahin:

Alle diejenigen Erscheinungen im mikroskopischen Bild, welche nicht schon mit dem blossen Absorptionsbilde gegeben sind, sondern der Mitwirkung der durch Beugung entstandenen Strahlengruppen bedürfen, d. h. alle Anzeigen von Structurdetail, liefern im Allgemeinen keine der wirklichen Beschaffenheit der Objecte conforme, d. h. geometrisch ähnliche, Abbildung. Wie constant, markirt und scheinbar körperlich derartige Anzeigen (Streifensysteme, Felderzeichnungen u. dergl.) im Mikroskop auch auftreten mögen, so dürfen sie doch nicht morphologisch, d. h. als Bilder körperlicher Formen, sondern nur physikalisch, d. h. als Merkmale — nicht als Abbilder — gewisser materieller Verschiedenheiten in oder an den betreffenden Theilen gedeutet werden; und zwar kann aus dem mikroskopischen Befund mit Sicherheit auf

Nichts weiter geschlossen werden, als auf das Vorhandensein solcher Structurbedingungen, als zur Erzeugung des die Abbildung vermittelnden Beugungsphänomens nothwendig und hinreichend sind.

Je kleiner die linearen Maasse einer Structur werden, eine desto geringere Anzahl von Beugungsbüscheln kann auch beim grössten Oeffnungswinkel effectiv werden; desto weniger kann die Intensitätsabstufung in der Reihe dieser Büschel solche Verschiedenheiten, die innerhalb derselben Maassverhältnisse noch möglich sind, zum Ausdruck bringen; desto weniger bestimmt wird Dasjenige, was von der wirklichen Structur aus dem Bilde (oder auch aus dem sichtbaren Beugungsphänomen) rückwärts erschlossen werden kann.

Von diesem Standpunkte aus erscheinen u. A. alle Versuche, den Bau der feineren Diatomeenschalen durch morphologische Deutung ihrer mikroskopischen Bilder festzustellen, als auf unzulässige Prämissen gegründet. Ob z. B. Pleur. angulatum zwei oder drei Streifensysteme besitze; ob überhaupt wirkliche Streifung vorliege, oder ob die sichtbaren Zeichnungen von isolirten Erhöhungen, oder von isolirten Vertiefungen herrühren u. dergl., darüber kann kein noch so vollkommenes Mikroskop und keine noch so hohe Vergrösserung Aufschluss geben. Was sich behaupten lässt ist allein das Dasein der optisch nothwendigen Bedingungen für den die Abbildung begleitenden Beugungseffect. Soweit dieser aber irgend einem Mikroskop jemals zugänglich sein kann — sechs symmetrisch liegende Spectra, bei normalem Lichteinfall um ca. 65° (für Blau) gegen die Richtung der ungebeugten Strahlen abgelenkt — kann er von jeder beliebigen Structur herrühren, welche optisch heterogene Elemente (im Innern oder an der Oberfläche) in irgend einer Art nach einem System gleichseitiger Dreiecke von 0,48μ Höhe geordnet enthält. Was diese Elemente sein mögen, geformte Theile oder rein moleculare Texturdifferenzen (Verdichtungscentra), immer werden sie die bekannten sichtbaren Zeichnungen ergeben. Es fällt jeder Grund fort, die fraglichen Structurelemente als gestaltet (als Erhöhungen oder Vertiefungen) vorauszusetzen, nach dem erwiesen ist, dass weder das Sichtbarwerden der betreffenden Zeichnung überhaupt noch ihr stärkeres Hervortreten bei schiefer Beleuchtung mit Schatteneffecten irgend etwas zu thun hat[1]). Die Vertheilung von

1) Die Veränderungen, welche das Bild von Pl. ang. beim Heben und

Hell und Dunkel auf der Fläche der Schale in Form eines Systems von sechseckigen Feldern erscheint als das mathematisch nothwendige Resultat der Interferenz zwischen den sieben isolirten Lichtbüscheln, welche die Beugung erzeugt, was deren physischer Grund im Object auch sein mag; die Lage der Sechsecke — zwei Seiten parallel der Mittelrippe — hat ihren zureichenden Grund in der sichtbaren Orientirung der Beugungsspectra gegen die Axe der Schale und kann daraus durch Rechnung abgeleitet werden, ohne dass man über den wirklichen Bau des Objects irgend etwas zu wissen braucht.

Dass auch für eine grosse Zahl rein organischer Gebilde auf dem Arbeitsfeld der Histologen im Wesentlichen die nämliche Sachlage besteht, kann das Beispiel der gestreiften Muskelfaser lehren. An guten Präparaten derselben lassen sich die Beugungserscheinungen ziemlich leicht beobachten und ihre Wirkungen im mikroskopischen Bild auf dem früher beschriebenen Wege experimentell studiren. Die mannigfachen Veränderungen in den Charakteren des Bildes, die sich dabei ergeben, erläutern einigermaassen den bekannten Zwiespalt zwischen den Befunden verschiedener Beobachter in Bezug auf diese Gebilde, bekunden aber auch die Unmöglichkeit, über ihre wirkliche körperliche Zusammensetzung im Sinne der bisherigen Bemühungen irgend etwas Haltbares auszumachen.

Was hier bezüglich der Grundlagen mikroskopischer Wahrnehmung geltend gemacht worden ist, trifft übrigens nicht allein die morphologischen Verhältnisse der Objecte, sondern ebenso sehr die sonstigen Eigenschaften, welche aus der mikroskopischen Beobachtung erschlossen werden sollen. Dass Unterschiede der Durchsichtigkeit und Färbungen, die man im Bilde wahrnimmt, nicht nothwendig Merkmale der Objecte zu sein brauchen, sondern oft aus der gänzlichen oder partiellen Abblendung von Beugungsbüscheln entspringen können, wird durch bekannte Erscheinungen an den Diatomeen hinlänglich illustrirt. Wichtig aber scheint es, darauf hinzuweisen, dass

Senken des Tubus erfährt, können über das Vorhandensein von Erhöhungen schon desshalb nichts beweisen, weil sie bei gekreuzten Diamanttheilungen ganz in gleicher Weise auftreten. Ausserdem lässt die Beobachtung einer scharf begrenzten Lichtquelle durch eine Pl. Schale hindurch — nach der wiederholt erwähnten Methode — an den sie passirenden Lichtstrahlen keinerlei Ablenkung durch Brechung erkennen; die Schale verhält sich in dieser Hinsicht genau wie eine parallelflächige Glasplatte.

auch Polarisationsmerkmale an den Bildern von Objecten mit mikroskopischer Structur in mehrfacher Hinsicht anders beurtheilt werden müssen wie solche an reinen Absorptionsbildern. Von ihnen ohne Weiteres auf doppeltbrechende Substanzen, im gewöhnlichen Sinne, zu schliessen, ist mindestens sehr misslich. Denn es bleibt die Möglichkeit offen, dass dieselben Texturbedingungen, welche die Beugung bewirken, unter Umständen auch gleichzeitig Polarisationseffecte hervorrufen, die, als eine blosse Function des Beugungsphänomens, gar nicht wie bei Krystallen, Stärkekörnern u. dergl. vom Durchtritt der Lichtstrahlen an sich abhängen. Dass Derartiges in der That vorkommt, wird mir durch einige Wahrnehmungen an Pleur. ang. und anderen Diatomeenskeletten wahrscheinlich gemacht. Wenigstens zeigen die Beugungsbüschel bei mehreren Objecten dieser Art, mit polarisirtem Licht beobachtet, Modificationen, welche schwer auf andere Weise zu erklären sein dürften. — Wie dem aber auch sein mag, jedenfalls bleibt es unzulässig, bei einem Object wie die gestreifte Muskelfaser z. B., dessen Detail nicht dioptrisch abgebildet ist, aus den Veränderungen des Beugungsbildes im polarisirten Licht nach den gewöhnlichen Kriterien auf nebeneinanderliegende einfach- und doppeltbrechende Schichten zu schliessen. Denn wenn eine gleichmässig doppeltbrechende Substanz mit irgend einer zur Erzeugung des bestehenden Beugungseffectes ausreichenden Differenzirung vorläge, so würde die aus der Interferenz der polarisirten Beugungsbüschel entspringende Streifung ganz ebensolche Modificationen zeigen müssen, wie die Muskelfaser im polarisirten Licht erkennen lässt.

19. In Anschluss an die vorstehenden, für den wissenschaftlichen Gebrauch des Mikroskops wichtigen Schlussfolgerungen ergeben sich ferner ganz bestimmte Grenzen für das Unterscheidungsvermögen sowohl jedes einzelnen Objectivs, wie auch des Mikroskops überhaupt.

Durch kein Mikroskop können Theile getrennt (oder die Merkmale einer real vorhandenen Structur wahrgenommen) werden, wenn dieselben einander so nahe stehen, dass auch der erste durch Beugung erzeugte Lichtbüschel nicht mehr gleichzeitig mit dem ungebeugten Lichtkegel in das Objectiv eintreten kann. Daraus entspringt für jede Grösse des Oeffnungswinkels eine bestimmte kleinste Distanz des Unterscheidbaren, deren numerische Angabe nur desshalb un-

sicher bleibt, weil sie, der ungleichen Wellenlänge wegen, für Licht der verschiedenen Farben ungleich ist, das relative Gewicht der einzelnen Farben aber bei der Beobachtung sehr wechselt. Irgend eine bestimmte Farbe zu Grunde gelegt, ergiebt sich der betreffende Minimalwerth für rein centrale Beleuchtung durch Division der Wellenlänge mit dem Sinus des halben Oeffnungswinkels, für den höchsten zulässigen Grad schiefer Beleuchtung aber bei jedem Oeffnungswinkel genau halb so gross — sonst gleiche Umstände vorausgesetzt. — Da nun auch beim Immersionssystem der Oeffnungswinkel durch kein Mittel erheblich über diejenige Grösse, die 180° in Luft entsprechen würde, hinausgeführt werden kann, so folgt, dass, wie auch das Mikroskop in Bezug auf die förderliche Vergrösserung noch weiter vervollkommnet werden möchte, die Unterscheidungsgrenze für centrale Beleuchtung doch niemals über den Betrag der ganzen, und für äusserste schiefe Beleuchtung niemals über den der halben Wellenlänge des blauen Lichts um ein Nennenswerthes hinausgehen wird.

Letztere Grenze ist — für das directe Sehen — bei den feinsten bekannten Diatomeenstreifungen und bei den letzten Liniengruppen der Nobert'schen Platte thatsächlich schon erreicht. Nur bei photographischer Aufnahme der mikroskopischen Bilder kann die Unterscheidung noch merklich weiter reichen. Denn wegen der bedeutend kürzeren Wellenlänge der chemisch wirksamen Strahlen werden bei jedem Objectiv die Bedingungen für die photographische Abbildung sehr viel günstiger; nämlich so, wie sie für das directe Sehen eine im Verhältniss von 3 : 2 gröbere Structur stellen würde[1]).

IV. Das optische Vermögen des Mikroskops.

20. Die vorstehenden Erörterungen gewähren die Grundlage für eine sichere Feststellung der Functionen, welche das optische Vermögen des Mikroskops ausmachen und damit zugleich für eine rationelle Formulirung der Ansprüche, welche an die optische Einrichtung desselben zu stellen sind.

---

1) Hieraus ist — von andern Gründen ganz abgesehen — zu entnehmen, dass die Leistung eines Objectivs bei photographischen Aufnahmen keinen Maasstab für seine Leistung im gewöhnlichen Gebrauch abgeben kann.

Die seit lange in der mikrographischen Literatur eingebürgerte Unterscheidung eines Definitions- und eines Auflösungsvermögens gewinnt durch die gegebenen Nachweise eine sehr viel grössere Tragweite, als ihr den bisher bekannten Thatsachen gegenüber füglich hat beigelegt werden können. Diesen Nachweisen zufolge ist — von zwei nahe liegenden Ausnahmefällen abgesehen — das mikroskopische Bild im Allgemeinen eine Superposition zweier Bilder von ganz verschiedenem Ursprung und ganz verschiedener Natur, die sich auch thatsächlich von einander trennen lassen — wie die im vorigen Abschnitt beschriebenen Experimente zeigen. Das eine ist ein negatives Bild, in welchem sich die Theile des Objects vermöge des ungleichen Lichtausfalls, den ihre Masse an den hindurchtretenden Strahlen bewirkt, geometrisch ähnlich abbilden. Man kann es kurz das Absorptionsbild nennen, weil partielle Absorption die hauptsächlichste Ursache des Lichtausfalls darstellt. Es ist der Träger des Definitionsvermögens, dessen Höhe, nach den Bedingungen dieser Art Abbildung, allein durch die grössere oder geringere Vollkommenheit bestimmt ist, mit welcher der direct einfallende Lichtkegel zu homofocaler Vereinigung gebracht wird. Demnach ist es immer dieser directe Lichtkegel, wie er durch Lage und Ausdehnung der lichtgebenden Fläche gegeben ist, welcher definirt, gleichgiltig in welcher Richtung er in das Objectiv gelangt, d. h. gleichgiltig, ob ein centraler oder ein peripherischer Theil der freien Oeffnung ihn aufnimmt. Unabhängig aber von diesem Absorptionsbilde werden solche Theile des Objects, welche innere Structur enthalten, nochmals wiedergegeben, und zwar in einem positiven Bilde, weil dieselben in Folge des eintretenden Beugungsphänomens quasi selbstleuchend werden. Dieses zweite Bild, welches man das Beugungsbild nennen kann, besteht zwar selbst streng genommen aus so viel partiellen Bildern, als aus dem einfallenden Strahlenkegel isolirte Lichtbüschel abgesondert werden und in das Objectiv eintreten, indem, den angeführten Experimenten zufolge, jeder einzelne von diesen schon ein positives Bild erzeugt; weil aber diese partiellen Bilder, einzeln genommen, inhaltleer sind, das sichtbare Detail erst durch die Verschmelzung mehrerer erzeugt wird, kommt praktisch nur der Gesammteffect aller als selbständiger Factor in Betracht. — Dieses resultirende Beugungsbild erscheint nun offenbar als der Träger des Auflösungs- oder Unterscheidungsvermögens des Mikroskops. Seine Entwickelung hängt demnach zunächst und in erster

Reihe vom Oeffnungswinkel ab, insofern dieser allein — nach oben angegebenen Normen — die Grenze seiner möglichen Leistung bestimmt; seiner thatsächlichen Höhe nach aber hängt es zugleich ab von der Vollkommenheit, in welcher die partiellen, den einzelnen Beugungsbüscheln entsprechenden Bilder zur Verschmelzung gelangen; denn letztere erst ruft das Detail hervor, welches die Merkmale oder Anzeigen bestimmter Structurthatsachen liefert. Da nun aber die einzelnen Strahlenbüschel, deren confocale Vereinigung hiernach gefordert wird, verschiedene und je nach der Structur des Objects und der Beleuchtungsart immer wechselnde Theile der freien Oeffnung in Anspruch nehmen — wie man nach der mehrfach benutzten Beobachtungsweise, meist schon durch einen Blick in den offenen Tubus des Mikroskops, constatiren kann — so ist eine in allen Fällen gleich vollkommene Verschmelzung der verschiedenen Elemente des Beugungsbildes unter sich und nächstdem eine correcte Superposition desselben auf das neben ihm erzeugte Absorptionsbild offenbar nur dann möglich, wenn das Objectiv für den ganzen Umfang seiner freien Oeffnung gleichmässig frei von sphärischer Aberration ist.

21. Nach den bisher geltenden Vorstellungen über den Vorgang der Abbildung im Mikroskop durfte man annehmen, dass Aberrationsreste in den Objectiven nur die Schärfe der Abbildung beeinträchtigen würden, und dass solche demnach als nicht vorhanden oder doch als praktisch irrelevant anzusehen seien, soweit kein sichtbarer Mangel jener Art vorhanden ist.

Die hier nachgewiesenen Umstände, zusammengehalten mit Demjenigen, was unter (7) über die typische Form der sphärischen Aberration bei grossem Oeffnungswinkel gesagt ist, stellen deren Bedeutung in ein wesentlich anderes Licht. Die einzelnen Elemente des mikroskopischen Bildes, sowohl das Absorptionsbild wie die verschiedenen Bestandtheile des Beugungsbildes, werden durchweg durch isolirte Lichtkegel von relativ geringem Divergenzwinkel — fast nie über 30—40° — erzeugt. Auch bei einem ansehnlichen Rest sphärischer Aberration können die Spitzen solcher isolirter Büschel, jedes für sich betrachtet, scharf genug sein, um keinen merklichen Zerstreuungskreis übrig zu lassen. Da aber bei grossem Oeffnungswinkel diese einzelnen Büschel die verschiedensten Theile der freien Oeffnung gleichzeitig in Thätigkeit setzen, so können im vorausgesetzten Falle ihre Spitzen nicht in einem Punkte zusammentreffen,

sondern müssen hinter und nebeneinander auftreten. Die Bestandtheile des Gesammtbildes kommen daher nicht zu correcter Verschmelzung, sondern werden vielmehr longitudinal und lateral gegeneinander verschoben. Die ein und derselben Stelle und ein und demselben Niveau des Objects zugehörigen Structurmerkmale, wie z. B. verschiedene Streifensysteme, erscheinen daher sowohl von einander getrennt, wie auch getrennt von den Contouren der Objecttheile, zu denen sie gehören. — In Folge der Einseitigkeit, mit welcher in neuerer Zeit die Vervollkommnung des Mikroskops auf die Vergrösserung des Oeffnungswinkels gerichtet gewesen ist, sind die Bedingungen für derartige Abnormitäten, zumal für trügerische Niveaudifferenzen, bei neueren starken Objectiven zum Theil in der ausgiebigsten Weise vorhanden — wie zahlreiche Erfahrungen mich belehrt haben; und ich bin sicher, nicht fehlzugreifen, wenn ich die Meinung ausspreche, dass die Consequenzen dieser Sachlage in vielen Streitfragen der Mikrokospiker über verwickelte Structurverhältnisse eine unerwartet grosse Rolle spielen.

Da Jeder als die oberste Anforderung, welche die Rücksicht auf den wissenschaftlichen Gebrauch an das Mikroskop stellt, die anerkennen wird, dass Zusammengehöriges im Object auch im Bild als Zusammengehöriges dargestellt werde, und zwar bei jeder Structur und bei jeder Art der Beleuchtung, so folgt, dass die gleichmässige Correction der sphärischen Abweichung für den ganzen Umfang der freien Oeffnung die entscheidende Richtschnur bei der Construction der Mikroskope sein muss. Nun zeigt sich, wie unter (7) angeführt, dass beim Trockensystem eine gehörige Ausgleichung der sphär. Aberration über einen Oeffnungswinkel von 110° hinaus thatsächlich unmöglich wird; man gelangt daher zu dem Schlusse, dass ein Trockenobjectiv für den normalen wissenschaftlichen Gebrauch um so weniger geeignet sein kann, je feinere Streifensysteme, über die jenem Oeffnungswinkel entsprechende Unterscheidungsgrenze hinaus — ca. 0,35 μ für schiefes Licht — es noch sichtbar macht. — Die möglichste Steigerung des Auflösungsvermögens kann rationeller Weise nur beim Immersionsobjective als Ziel gesteckt werden, da allein die Immersion die Möglichkeit gewährt, ohne mit jener obersten Anforderung in Widerspruch zu kommen, den Oeffnungswinkel beliebig (d. h. bis an die Grenze des technisch Ausführbaren) zu vergrössern [1]).

1) Die in dem neuen Catalog von C. Zeiss in Jena aufgeführten Mi-

22. In Anschluss an diese Darlegung ergeben sich unmittelbar einige Winke in Bezug auf die sachgemässe Prüfung fertiger Mikroskope.

Nach den früher bekannten Thatsachen durfte es als berechtigt erscheinen, den Werth eines Objectivs nach der Kleinheit des letzten Details, welches mit demselben wahrnehmbar ist, zu bemessen und daraufhin die Auflösung schwieriger Probeobjecte der bekannten Art vorzugsweise als Merkmale der Leistungsfähigkeit zu betrachten. Denn wenn auch immer zuzugeben war, dass die besondere Art des Details in diesen Testobjecten und die dabei meist benutzte Beleuchtungsweise nicht zu den gewöhnlichen Vorkommnissen gehören, so schien es doch wenigstens nicht zweifelhaft, dass der Erfolg unter diesen besondern Umständen von den nämlichen Eigenschaften der Construction, wie die Leistung im normalen Gebrauch, getragen sein werde. Dies muss nun aber auf Grund der vorstehenden Ausführungen direct abgelehnt werden. Eine Prüfung nämlich, welche auf Ermittelung der äussersten Grenze des Unterscheidungsvermögens, sei er an der Nobert'schen Testplatte, sei es an Diatomeen oder dergl. ausgeht, führt kraft der physikalischen Bedingungen für diesen Zweck einen ganz exceptionellen Strahlengang im Mikroskop herbei, wie er bei keiner anderen Art von Beobachtungen jemals wiederkehrt. Denn ein Detail liegt nur dann der Unterscheidungsgrenze nahe, wenn es so fein ist und eine so starke Zerlegung des Lichts durch Beugung bewirkt, dass auch unter den günstigsten Umständen nur der erste abgelenkte

kroskopsysteme sind sämmtlich nach den hier bezeichneten Grundsätzen berechnet und ausgeführt. Die Trockenobjective haben auch in den stärksten Nummern nur 105 — 110° Oeffnungswinkel und können demnach nicht den Anspruch machen, in der Auflösung von Diatomeen u. dergl. mit allen andern concurriren zu wollen. Bei den Immersionsobjectiven ist das Maass der freien Oeffnung auf ca. 100° in Wasser, d. h. etwas mehr, als 180° in Luft entsprechen würde, gestellt worden, weil sich dieses noch ohne ernstliche Nachtheile erreichen lässt. Ich für meine Person bin zwar überzeugt, dass auch das Immersionssystem für die normalen Bedürfnisse des wissenschaftlichen Studiums nicht das Geringste an Werth verlieren, in manchen nebensächlichen Punkten aber erheblich gewinnen würde, wenn man die Construction auf einen geringeren Oeffnungswinkel einrichten wollte; im Hinblick aber auf den allgemein verbreiteten Maasstab der Werthschätzung kann man einem praktischen Optiker nicht zumuthen, sich um Leistungen zu bemühen, welche ziemlich sicher wären, in den zweiten Rang gestellt zu werden.

Lichtbüschel noch eben gleichzeitig mit dem directen Strahlenkegel in das Objectiv eintreten kann. Dann ist aber, wenn es im Bilde sichtbar wird, eo ipso nur die äusserste Randzone des Objectivs bei der Abbildung thätig: der möglichst schief einfallende Strahlenkegel, den der Spiegel z. B. liefert, streift den Rand der freien Oeffnung auf der einen Seite und der einzige zur Wirkung gelangende Beugungsbüschel streift ihn an der gegenüberliegenden Seite — wie man durch Beobachtung der Spuren beider in der obern Focalebene des Objectivs direct constatiren kann. Theorie und Erfahrung lehren aber, dass jedes nicht total verfehlte Objectiv, wie unvollkommen es auch im Punkte der sphärischen Aberration sein mag, wenn seine Linsen nur leidlich centrirt sind, immer für eine einzelne Zone, etwa für den äussersten Rand, aberrationsfrei erhalten werden kann; dauernd — wenn es bei der Verfertigung auf ein derartiges Testobject ausprobirt wurde, und während des Gebrauchs — wenn es eine sogen. Correctionsfassung besitzt; welche Vorrichtung denn in der That auch, nach meinen Erfahrungen, sehr viel öfter zu diesem als zu ihrem ostensibeln Zweck dienen muss.

Der Nachweis, dass ein Linsensystem eine sehr feine Streifung auf einem Diatomeenskelett oder auf der Nobert'schen Platte auflösen kann, besagt also genau genommen nichts weiter, als dass sein Oeffnungswinkel dem berechenbaren Beugungswinkel der betreffenden Liniendistanz entspricht und dass es nicht so schlecht construirt ist, als dass eine ausreichende Correction der Randzone unmöglich wäre. Welche Bedingungen für die correcte Verschmelzung der partiellen Bilder ein solches Objectiv in dem sehr viel ungünstigeren Falle der gewöhnlichen Beobachtung, wo fast immer ganz verschiedene Zonen der freien Oeffnung gleichzeitig thätig sind, darbieten werde, dafür giebt eine Prüfung dieser Art gar keinen Anhalt. Das Resultat derselben kann also nicht einmal den Anspruch machen, auch nur das Unterscheidungs*vermögen* nach seinen allgemeingiltigen Momenten zu characterisiren; es giebt allein die Unterscheidungs*grenze* und constatirt damit ein Factum, das zwar an sich einen Werth haben mag, wegen der singulären Umstände aber mit der Höhe der Leistung im Allgemeinen keinen Zusammenhang hat.

Nicht viel höher kann die Prüfung des Auflösungsvermögens für gerades Licht angeschlagen werden. In der Nähe der dieser Beleuchtungsform entsprechenden Unterscheidungsgrenze passirt das

directe Licht den centralen und alles abgebeugte Licht den peripherischen Theil der freien Oeffnung. Abgesehen davon, dass mit Hilfe einer Correctionsfassung ein etwaiger Aberrationsrest immer in die unthätig bleibende mittlere Zone des Objectivs geschoben werden kann, hängt auch in diesem Falle das Factum der Auflösung wesentlich nur von der Wirkung der Randzone ab, weil alsdann stets mehrere — mindestens zwei einander gegenüberliegende — Beugungsbüschel in der Randzone liegen und diese auch bei mangelhaftem Zusammenwirken mit den ungebeugten Strahlen das Detail hervorrufen.

23. Vom Gesichtspunkte der hier aufgestellten Theorie ergiebt sich hingegen eine andere Methode, welche unter Benutzung der gewöhnlichen Testobjecte unmittelbar die für den normalen Gebrauch des Mikroskops maasgebenden Momente ans Licht zu bringen erlaubt. Wenn es darauf ankommt, die Bedingungen für das correcte Zusammenwirken von Strahlenbüscheln, welche die verschiedensten Theile der freien Oeffnung passiren, auf eine recht empfindliche Probe zu stellen, so gibt es in der That keine bessern Hilfsmittel, als die Natur in manchen Diatomeenskeletten und in einigen Schmetterlingsschuppen darbietet; nur dass allerdings nicht die Thatsache der erfolgenden Auflösung an sich, sondern die nähere Beschaffenheit des entstehenden Gesammtbildes in Betracht gezogen werden muss. Wählt man nämlich ein Probeobject von solcher Feinheit des Details aus, dass ein zu prüfendes Objectiv dasselbe schon bei rein centraler Beleuchtung eben sichtbar macht, dass also bei schiefer Beleuchtung nicht die geringste Schwierigkeit bleibt, so kann damit ohne alle weiteren Hilfsmittel der empfindliche Strahlengang im Mikroskop herbeigeführt werden, dessen Herstellung die unter (10) erwähnte Prüfungsmethode durch Beleuchtung des künstlichen Probeobjects mit zwei getrennten Lichtbüscheln bewirkt. Die Ablenkung der ersten Beugungsbüschel gewinnt in diesem Falle ein solches Verhältniss zum Oeffnungswinkel des Objectivs, dass — wie die Theorie und die directe Beobachtung der Lichtspuren zeigt — bei zwei bestimmten Spiegelstellungen Theile aller Zonen der freien Oeffnung, jede durch einzelne Streifen vertreten, wirksam werden, und zwar unter Umständen, welche das Hervortreten der Correctionsmängel besonders begünstigen. Die eine erhält man, wenn man den Spiegel senkrecht zu einem Streifensystem der angenommenen Art so weit aus der Axe bewegt, dass

beiläufig der eine Rand in diese trifft. Alsdann erscheint die Spur des direct eintretenden Lichtkegels im Oeffnungsbild über dem Objectiv excentrisch dicht an der Mitte der freien Oeffnung, die Spur eines Beugungsbüschels aber auf der gegenüberliegenden Seite in der Randzone. Die zweite Stellung ist die der möglichst schiefen Beleuchtung, die das Objectiv ohne merkliche Verdunkelung des Sehfeldes erlaubt; wenn diese herbeigeführt wird, vertauschen die beiden Spuren einfach ihre vorher betrachteten Stellungen. In beiden Fällen hat man, wenn nur ein Streifensystem vorliegt, zur Abbildung zwei isolirte Lichtbüschel wirksam, welche einen Theil der centralen und einen Theil der peripherischen Zone der freien Oeffnung, beide auf entgegengesetzten Seiten von der Axe, gleichzeitig in Thätigkeit bringen. Enthält das Präparat mehrere gleichartige Streifungen, so treten zwar noch andere Beugungsbüschel theilweise in das Objectiv ein; doch wird hierdurch an den vorher betrachteten Verhältnissen nichts Wesentliches geändert.

Es kann natürlich nicht der Zweck einer solchen Probe sein, die Abbildungsfehler eines Objectivs im Einzelnen nachzuweisen, so wie die unter (10) erwähnte Methode es erlaubt; es soll sich dabei vielmehr darum handeln, an einem die normalen Bedingungen des mikroskopischen Sehens repräsentirenden Beispiel die thatsächliche Leistungsfähigkeit eines Systems im Ganzen zu erproben. Der praktisch wichtigste Factor derselben ergiebt sich nun sofort, wenn man auf die Verschmelzung der partiellen Bilder, die ein und demselben Theile des Präparats angehören, achtet. Man hat das Contourenbild des Objects, wie es der directe Lichtkegel liefert und zugleich ein Structurbild, welches aus der Interferenz der Beugungsbüschel entspringt. Bei einem correcten Objectiv soll nicht nur jedes für sich vollkommen scharf hervortreten, sondern es sollen zugleich beide ohne Niveaudifferenz und ohne seitliche Verschiebung zusammenfallen, d. h. bei ein und derselben Einstellung deutlich sichtbar sein, wenn im Object Structur und Begrenzung ein und demselben Niveau angehören. Genügt ein Linsensystem dieser, mit ein paar Drehungen der Einstellungsschraube auszuführenden Probe wenigstens in der Mitte des Gesichtsfeldes, so kann man sicher sein, dass es von jedem beliebigen Object und bei jeder Art von Beleuchtung stets richtige Bilder liefern wird. Bemerkt man dagegen, dass, wenn auf die Contouren eingestellt ist, das Detail über oder unter dem Object zu schweben oder seitlich über die Contour hin-

wegzufliessen scheint, so bekundet ein solcher Befund eine Construction, die keine Garantie dafür gewährt, an beliebigen Präparaten die zusammengehörigen Merkmale auch als zusammengehörig kenntlich gemacht zu sehen, wie hoch auch das Auflösungsvermögen des Systems bei der gewöhnlichen Prüfungsmethode sich stellen möge. — Uebrigens kann das Urtheil noch weitere Anhaltepunkte gewinnen, wenn man sich nicht ausschliesslich auf die beiden vorher namhaft gemachten Beleuchtungsformen beschränkt, sondern auch andere Spiegelstellungen auf ihre Effecte prüft, dabei aber immer auf die charakteristischen Merkmale für die Verschmelzung der partiellen Bilder achtet. — Dass man bei all diesen Versuchen den wirksamen Strahlengang durch directe Beobachtung des Oeffnungsbildes zu controliren hat, bedarf kaum einer ausdrücklichen Erwähnung.

Bei jedem Objectiv von grossem Oeffnungswinkel wird man Abweichungen der angedeuteten Art nach dem Rande des Sehfeldes hin wahrnehmen, wenn nicht etwa der Gesichtswinkel des Oculars ungewöhnlich klein ist. Sie entspringen meist nicht aus Aberrationen, sondern aus Differenzen der Vergrösserung, die bei der besten Construction unvermeidlich sind. Der Grad ihres Hervortretens bemisst die Vollkommenheit der Abbildung ausser der Axe.

Was ausserdem zur Vervollständigung des Urtheils über die Güte eines Linsensystems gehört, giebt ein Blick auf die Farbensäume, welche die Contouren eines Probeobjects in der Mitte und am Rande des Sehfeldes zeigen. Dabei ist zu beachten, dass Abweichungen dieser Art, weil sie vorwiegend am Contourenbild haften, beim gewöhnlichen Gebrauch des Mikroskops, der fast immer auf gerade Beleuchtung angewiesen ist, nur in dem Maasse eine praktische Bedeutung haben, als sie bei centraler Spiegelstellung hervortreten.

Was nun die Probeobjecte anlangt, welche sich zum Gebrauch in der angegebenen Richtung eignen, so müssen sie namentlich zweien Anforderungen genügen. Erstens müssen sie so dünn und eben sein, dass man Grenzen und Structurdetail als in dem nämlichen Niveau liegend ansehen kann; zweitens müssen die abgebeugten Strahlen eine grosse Intensität haben, damit der von ihnen herrührende Effect neben dem des directen Lichtkegels gehörig zur Geltung kommen kann. Der letztern Rücksicht wegen eignen sich also nur trocken liegende Objecte mit kräftiger, gut markirter

Zeichnung, welche — wie man im Oeffnungsbild beobachten kann — stets sehr lichtstarke Beugungsphänomene geben, weil eben nur die Interferenz intensiver Strahlen starke Contraste von Hell und Dunkel im mikroskopischen Bild hervorrufen kann.

Für die schwächeren und mittleren Objective hat man in den Insectenschuppen und den gröberen Diatomeen, welche die mikrographischen Handbücher aufführen, eine hinreichende Zahl passender Objecte zur Verfügung; für die starken Objective dagegen wird die Auswahl sehr beschränkt durch die Rücksicht auf die erstgenannte Anforderung [1]). Dem Oeffnungswinkel der Immersionssysteme entspricht, der Feinheit des Details nach, Pleur. ang. durchschnittlich am besten; es ist auch in der That noch für die schärfsten Nummern sehr gut brauchbar, wenn man von recht zarten Exemplaren Bruchstücke mit scharfen Bruchrändern verwendet und das Augenmerk nur auf die Beschaffenheit des Bildes dicht an einer solchen Randstelle richtet; die natürlichen Ränder bieten ebensowenig wie die Linien der Mittelrippe Garantie für Gleichheit des Niveaus. Zur Prüfung der stärkeren Trockensysteme können die gröberen Exemplare desselben Objects, gleichfalls in Bruchstücken, noch benutzt werden, wiewohl die Zeichnung für einen Oeffnungswinkel von 100 Grad schon etwas zu fein ist. Ausserdem kann man zerbrochene Exemplare der feineren Schuppen von Hipparchia Jan., deren Querstreifen für 80—90° Oeffnungswinkel passen, auch für höhere Beträge desselben ohne Nachtheil verwenden.

Meiner Erfahrung zufolge führt eine Untersuchung in dieser Art nach einiger Uebung zu einem sehr sichern Urtheil über die Vollkommenheit eines Linsensystems; wenigstens wird die Höhe des optischen Vermögens in seinen von der Grösse des Oeffnungswinkels unabhängigen Functionen sehr viel zutreffender eruirt als durch die getrennten Proben auf Begrenzungs- und Auflösungsvermögen jemals geschehen kann.

Was aber diese Methode nicht ergiebt — die absolute Grenze des physischen Unterscheidungsvermögens — kann durch blosse Messung des Oeffnungswinkels ebenso gut wie durch directe Erpro-

1) Die Nobert'sche Testplatte ist natürlich für diese Art der Prüfung ungeeignet, weil sie überhaupt kein Absorptions- oder Contourenbild, sondern ein reines Beugungsbild liefert und desshalb das wichtigste Moment für die Beurtheilung der Wirkung bei ihr hinwegfällt.

bung an Testobjecten erhalten werden. — Wegen des Verfahrens, durch welches der Oeffnungswinkel in jeder nur wünschenswerthen Genauigkeit zu erlangen ist, verweise ich auf die Jenaische Zeitschr.

24. Zum Schluss sei noch einiger allgemeiner Folgerungen in Bezug auf die Construction der Mikroskope gedacht, welche die dargelegten Thatsachen und Theorien nach sich ziehen.

Den gegebenen Nachweisen zufolge hängt die Leistungsfähigkeit des Mikroskops von zwei Factoren ab, welche in ganz verschiedenen Elementen der Construction wurzeln. Der eine ist die geometrische Vollkommenheit des Strahlengangs. Sie bestimmt durch die Grösse der Zerstreuungskreise in der Bildfläche die Maasse des kleinsten Details, welches rein geometrisch genommen im Bilde Ausdruck finden kann. Der zweite Factor dagegen ist die Fähigkeit des optischen Apparats, die physische Bedingung zu erfüllen, an welche die Wiedergabe solchen Details jedenfalls geknüpft ist, nämlich die Integration des durch Beugung zerlegten Lichtes, ohne welche das Bild inhaltleer bleibt. Wie aus geometrischen Gründen ein Detail nicht abgebildet wird, wenn seine Maasse unterhalb der Grösse bleiben, welche dem Durchmesser der Zerstreuungskreise, auf die linearen Dimensionen des Objects reducirt, entspricht, so wird es aus physikalischen Gründen nicht abgebildet, wenn die Winkelausbreitung des Beugungsphänomens durch ihre Grösse eine Vereinigung von mindestens zwei Beugungsbüscheln unmöglich macht. Dem früher Gesagten zufolge wurzeln nun zwar die Bedingungen für beide Functionen in demselben Bestandtheil des optischen Systems, nämlich allein im Objectiv; aber sie wurzeln in ganz verschiedenen Elementen seiner Construction. Die dioptrische Unterscheidungsgrenze, welche die unvermeidlichen Mängel der Strahlenvereinigung herbeiführen, findet ihr Maass in der förderlichen Vergrösserung des Objectivs und ist, wie früher angegeben, für jeden bestimmten Grad der technischen Vollendung der Construction der Brennweite des Objectivs umgekehrt proportional; die physikalische Unterscheidungsgrenze dagegen hängt allein vom Oeffnungswinkel ab und ist dem Sinus seines halben Betrages proportional. Nun sind aber beide Functionen auf ein und denselben Zweck gerichtet, nämlich auf das Sichtbarmachen des räumlich Kleinen, und sind für diesen Zweck beide gleich unentbehrlich. Daraus folgt denn, dass eine rationelle Construction des Mikroskops darauf Bedacht nehmen muss, sie in der Weise ins Gleichgewicht zu setzen, dass die Grenzen

beider wenigstens annähernd zusammentreffen. Denn es ist offenbar ebenso nutzlos, den physischen Bedingungen der Abbildung in weiterem Umfang genügt zu haben, als die erreichbare Vergrösserung zu verwerthen erlaubt, wie es nutzlos ist, die Vergrösserungskraft des Mikroskops höher zu steigern, als die physische Capacität der Objective nöthig macht. Im ersten Fall, wenn der Oeffnungswinkel zu gross ist für die förderliche Vergrösserung, die der Brennweite entspricht, gewinnt das Objectiv ein latentes Auflösungsvermögen, welches keinem menschlichen Auge zu Gute kommt; im andern Fall, wenn die Stärke des Objectivs die dioptrische Unterscheidungsgrenze weiter hinausrückt, als das dem Oeffnungswinkel zugängliche Detail nöthig macht, entsteht eine leere Vergrösserung, d. h. eine solche, die im Bilde nichts vorfindet, was ihrer bedürfte.

25. Die Consequenzen dieser Erwägung führen zu gewissen Maximen für die richtige Anpassung zwischen Brennweite und Oeffnungswinkel bei den Objectiven, welche den Gewohnheiten der bisherigen Praxis in mehreren Punkten widersprechen. Hier mag Dasjenige Platz finden, was mir von allgemeinerem Interesse zu sein scheint, weil es die Tragweite der mikroskopischen Beobachtung im Ganzen ins Licht setzt und die Ergänzung der unter (9) gegebenen Darlegungen liefert.

Wenn für das Trockensystem die Theorie eine Beschränkung des Oeffnungswinkels auf ca. 110° unbedingt fordert, so kann man leicht ausrechnen, welches die feinste Structur ist, die diesem Oeffnungswinkel zugänglich bleibt; und es ergiebt sich darauf hin, dass wenigstens für ein rationell construirtes Objectiv dieser Art, bei welchem nicht auf Kosten der wirklichen Vollkommenheit die Auflösung einseitig gesteigert ist, kein Detail in Frage kommen kann, das ein geübtes Auge nicht schon bei einer guten 4—500fachen Vergrösserung zu erkennen vermöchte. Bei den Ansprüchen, welche nach dem dermaligen Stand der optischen Technik an die relative Vollkommenheit der Constructionen gestellt werden dürfen, muss aber diese Höhe der Vergrösserung — auch wenn man es mit dem Attribut »gut« etwas strenger nimmt, als öfters geschieht — schon mit einer Brennweite von ca. 3 Mm. ($^1/_8$ engl. Zoll) erreicht sein. Beim Immersionssystem rückt, selbst wenn der Oeffnungswinkel auf das höchste technisch erreichbare Maass gebracht wird, die physische Unterscheidungsgrenze doch nicht so weit zurück, dass ihr nicht eine correcte 7—800fache Vergrösserung vollkommen gewachsen bliebe,

und diese muss hier bei guter Construction mit ca. 2 Mm. ($^1/_{12}$ Zoll) Brennweite sicher zur Verfügung stehen. Nun wird man zwar zugeben, dass eine weitere möglichst correcte Vergrösserung über das unerlässliche Minimum hinaus, obwohl sie die Wahrnehmung nicht mit neuen Thatsachen bereichern kann, doch der Leichtigkeit und Sicherheit der Beobachtung sehr zu Statten kommen mag. Indess wird man diese Bedeutung der leeren Vergrösserung schwerlich weit über die bezeichneten Grenzen hinaus anerkennen dürfen; und ich komme daher zu dem Schlusse, dass der wissenschaftliche Werth von Objectiven, deren Brennweite beim Trockensystem unter 2 Mm., beim Immersionssystem unter 1 Mm. erheblich herabgeht, durchaus problematisch ist.

Die eigentliche Capacität des Mikroskops im strengeren Sinne aber muss ich — so lange nicht Momente geltend gemacht werden, die ganz ausserhalb der Tragweite der aufgestellten Theorie liegen — schon bei der oben bezeichneten früheren Grenze als vollständig erschöpft ansehen; und im Besondern muss ich die Ansicht vertreten: dass mit keinem Mikroskop irgend etwas in der Beschaffenheit der Objecte wirklich Begründetes jemals gesehen worden ist und gesehen werden kann, was ein normales Auge nicht auch schon mit einer scharfen 800fachen Immersionsvergrösserung sicher zu erkennen vermöchte. — Was in neuerer Zeit, zumal aus England, über ganz ausserordentliche Leistungen ungewöhnlich starker Objective (bis $^1/_{30}$ engl. Zoll Brennweite) berichtet worden ist, ist nicht darnach angethan, mich in diesem Urtheil irre zu machen. Denn die Ueberlegenheit solcher Linsensysteme soll an Objecten constatirt sein, auf welche die unmittelbaren Ergebnisse meiner Experimente bedingungslos Anwendung finden; und sie soll unter Vergrösserungen zu Tage treten, deren Höhe Jeder als völlig illusorisch erkennt, der sich von den optischen Bedingungen einer solchen Leistung einige Rechenschaft geben kann.

Ueber einen neuen Beleuchtungsapparat am Mikroskop.

Von

Dr. E. Abbe,

ao. Professor in Jena.

Hierzu ein Holzschnitt.

Die in der vorigen Abhandlung unter (11) aufgestellten theoretischen Sätze über die Beleuchtung mikroskopischer Objecte haben mich schon vor mehreren Jahren auf die Construction eines Illuminators geführt, der — in allen Theilen rein nach theoretischen Erwägungen combinirt — durch seine den Consequenzen der Theorie durchaus entsprechende Leistung diese zugleich auf die einfachste Art praktisch bewährt. Ich habe ihn ursprünglich nur für meinen eigenen Gebrauch ausführen lassen und habe denselben vielfach zu den im vorigen Aufsatze beschriebenen Experimenten, namentlich aber zum Studium der Abbildungsfehler der Objective nach der in (10) erwähnten Methode benutzt. Da indess der Apparat durch Solche, die ihn bei mir gesehen, schon eine ziemliche Verbreitung unter praktischen Mikroskopikern gefunden hat[1]) und ich sonach annehmen darf, dass er auch für die gewöhnlichen Bedürfnisse der mikroskopischen Beobachtung unter Umständen von Nutzen sein kann, so erlaube ich mir, den Lesern dieses Archivs im Folgenden eine kurze Beschreibung desselben vorzulegen.

Das Prinzip, auf welches der Apparat gegründet ist, kann am

1) Von Herrn C. Zeiss in Jena ist die Vorrichtung unter die ständigen Artikel seiner Werkstatt aufgenommen; Nr. 24 des Katalogs von 1872.

einfachsten bezeichnet werden, wenn man die Wirkungsweise des gewöhnlichen Beleuchtungsspiegels zum Vergleich in Betracht zieht. Der bewegliche Spiegel am Mikroskop bezweckt, mit Hilfe einer Lichtquelle von gegebener Lage — z. B. einer hellen Wolke, einer weissen Wand oder dergl. — eine begrenzte leuchtende Fläche in beliebiger Lage unterhalb des mikroskopischen Präparats herzustellen, welche, abgesehen von den Lichtverlusten durch die Reflexion, mit der Leuchtkraft der primären Lichtquelle das Präparat bestrahlt. Von welchen Bedingungen diese Uebertragung der Leuchtkraft auf die ganze Fläche des Spiegels abhängt, unter welchen Umständen und in wie weit dabei die Form der Spiegelfläche — ob concav oder plan — Einfluss gewinnt u. A. m., findet man bei Nägeli und Schwendener (Das Mikroskop, S. 85 u. f.) so vollständig und einleuchtend auseinandergesetzt, dass jede weitere Erklärung darüber überflüssig ist. Hier sei nur zweierlei hervorgehoben:

Erstens, was den Vorzug dieser Beleuchtungsvorrichtung ausmacht — dass dieselbe, wie sie die einfachste ist der Construction nach, auch unbedingt die wirksamste bleibt in Hinsicht auf die specifische Intensität der zu erzielenden Beleuchtung. Alle complicirteren Apparate, wie z. B. die — lucus a non lucendo — »Condensor« benannten Linsencombinationen, führen unvermeidlicher Weise eine grössere Verminderung der in der Lichtquelle disponibeln Leuchtkraft herbei als der einfache Beleuchtungsspiegel, weil zu den Lichtverlusten durch die auf alle Fälle doch unentbehrliche Spiegelung noch diejenigen durch mehrfache Brechungen hinzutreten. Soll daher mit einem solchen zusammengesetzten Illuminator eine bestimmte Helligkeit des Bildes erzielt werden, so bedarf es stets der Anwendung eines Strahlenkegels von grösserem Divergenzwinkel d. h. der Herstellung einer lichtgebenden Fläche unter dem Object von grösserem angularen Durchmesser, als beim Gebrauch des einfachen Spiegels nöthig wäre; der Effect solcher Apparate ist also das directe Gegentheil von Demjenigen, was ihr Name besagen will, nicht eine Condensation, sondern eine Verdünnung des Lichts.

Zweitens, was den Nachtheil des gewöhnlichen Beleuchtungsspiegels ausmacht — dass die Bedingungen für die wünschenswerthen Modificationen und für die sichere Regulirung der Beleuchtung beim Gebrauch desselben keineswegs besonders günstig stehen. Die Abstufungen in der Einfallsrichtung des wirksamen Strahlenkegels,

wie sie z. B. dem Uebergang von der geraden zur schiefen Beleuchtung entsprechen, müssen dadurch herbeigeführt werden, dass man den Spiegel selbst seitlich gegen die Axe des Instruments bewegt und seine Fläche durch geeignete Drehung gegen die Lichtquelle wieder von Neuem leuchtend macht. Dabei ist überdies eine Beleuchtung des Präparats durch auffallende Strahlen, so wie überhaupt jede Beobachtung rein positiver Bilder der mikroskopischen Objecte in dunklem Gesichtsfeld zunächst ganz ausgeschlossen und auch unter Mithilfe des Lieberkühn'schen Spiegels nur in schwerfälliger und höchst mangelhafter Form möglich. — Andrerseits bleiben für die Regulirung der Beleuchtung im Punkte der Quantität nur die beiden Hilfsmittel: die Annäherung und Entfernung des Spiegels, durch welche die lichtgebende Fläche für das Object grösseren oder geringeren angularen Durchmesser gewinnt; und sodann die Anwendung besonderer Diaphragmen unter dem Präparat, um durch diese den wirksamen Theil der Spiegelfläche beliebig zu beschränken. Die erstere Methode, deren Anwendung an vielen Stativen darin vorgesehen ist, dass man den Spiegel an seinem Träger verschiebbar gemacht hat, gewährt nur einen geringen Spielraum; Diaphragmen aber lassen sich in derjenigen Form, die allein eine sichere Regulirung gestattet (nämlich als verschiebbare Cylinderblendungen), ohne grosse Unbequemlichkeit nur für rein centrale Beleuchtung verwenden.

Hier — und hier ganz allein — ist das Feld, auf welchem ein complicirter Beleuchtungsapparat der gewöhnlichen einfachen Vorrichtung möglicher Weise Concurrenz machen kann.

Es leuchtet nämlich sogleich ein, dass eine sehr viel einfachere und sicherere Regulirung und ein sehr viel grösserer Umfang in der möglichen Abstufung des Lichteinfalls zu erreichen wäre, wenn man am Orte des Objects eine Lichtstrahlung herstellen wollte, vermöge welcher dieses gleichzeitig aus allen Richtungen Licht empfängt, d. h. wenn man statt einer eng begrenzten lichtgebenden Fläche, wie sie der Spiegel gewährt, eine solche gewinnen könnte, welche das Object in sehr grossem Winkelraum von unten und — der Beobachtung im auffallenden Lichte wegen — theilweise auch von oben umgiebt. Denn dann wären alle die verschieden gelegenen und verschieden grossen begrenzten Lichtflächen, welche für die einzelnen Beleuchtungsweisen nach einander nöthig werden, neben einander gleichzeitig disponibel. Jede einzelne brauchte, wenn sie

verlangt wird, nicht immer wieder neu hergestellt zu werden, sondern es würde statt dessen nur eine Abblendung der nicht in Anspruch zu nehmenden Theile auszuführen sein.

Das ist die Idee, auf deren Realisirung der hier zu beschreibende Illuminator ausgeht. Die Möglichkeit aber, das Geforderte in dem ganzen angegebenen Umfang mit relativ einfachen Mitteln wirklich zu leisten, wird sogleich ersichtlich, wenn man die Lichtstrahlung betrachtet, welcher ein Object im Brennpunkt eines Linsensystems von grossem Oeffnungswinkel ausgesetzt ist. Wenn ein solches, sei es direct, sei es durch Vermittelung eines ebenen Spiegels, das Bild einer entfernten Lichtquelle, etwa einer Wolke, auf oder nahe dem Object entwirft, wird letzteres Punkt für Punkt so bestrahlt, als ob vor — d. h. bei der gewöhnlichen Anordnung am Mikroskop, unter — demselben eine gleichmässig leuchtende Fläche ausgebreitet wäre, deren Leuchtkraft, von den Lichtverlusten abgesehen, derjenigen der primären Lichtquelle gleich ist und deren scheinbare Grösse für das Object unmittelbar durch den Oeffnungswinkel des Linsensystems für den betreffenden Brennpunkt sich bestimmt. Man braucht diesen Oeffnungswinkel — was keinerlei Hinderniss findet — nur auf volle 180 Grad zu steigern, um eine Lichtquelle disponibel zu haben, die das Object von unten grade so wie das gleichförmig leuchtend gedachte Himmelsgewölbe einen im Freien stehenden Gegenstand von oben umspannt. Es ist klar, dass aus dieser die ganze Halbkugel bedeckenden Lichtfläche jeder beliebig begrenzte und beliebig gelegene Theil für sich in Wirkung gesetzt werden kann, wenn man den Eintritt der Lichtstrahlen in das Linsensystem durch ein Diaphragma mit entsprechendem Ausschnitt vor der dem Präparat gegenüber liegenden freien Oeffnung begrenzt; und dass sich durch blosse Veränderung der Grösse und der Lage jenes Ausschnittes, ohne alle sonstigen Eingriffe, alle möglichen Abstufungen zunächst der Beleuchtung mit durchfallendem Lichte herbeiführen lassen. Das Bild des Diaphragmas nämlich, welches die Linsen nach der Seite des Objects hin entwerfen, giebt die Begrenzung der wirksam werdenden Lichtfläche. Ein Diaphragma mit weitem Ausschnitt (relativ zum Durchmesser der ganzen freien Oeffnung) liefert Strahlenkegel von grossem Divergenzwinkel; ein enger Ausschnitt giebt beliebig verengte Strahlenbüschel. Steht das Diaphragma central, so giebt der durch seine Oeffnung wirksam werdende Theil der ganzen disponibeln Lichtfläche die

gewöhnliche gerade Beleuchtung; wird dagegen die Oeffnung in irgend einem Azimuth mehr oder minder excentrisch gestellt, so erhält man alle Abstufungen der schiefen Beleuchtung innerhalb dieses Azimuths. Damit ist aber der Umfang möglicher Beleuchtungseffecte noch keineswegs erschöpft. Denn wenn das Präparat im Focus des angenommenen Linsensystems nach dem Mikroskop hin durch eine durchsichtige Schicht mit spiegelnder oberer Grenzfläche bedeckt ist — wie das Deckglas immer ganz von selbst herbeiführt — so werden alle Strahlen, welche durch durchsichtige Theile des Präparats hindurchgetreten sind, an dieser obern Grenzfläche partiell reflectirt, und fallen von oben wieder auf das Object herab. Es ist leicht zu beweisen, dass der gesammte hieraus resultirende Beleuchtungseffect sich in allen Stücken genau so gestaltet, wie wenn ausser der vorher betrachteten lichtstrahlenden Halbkugel unter dem Präparat eine eben solche — nämlich ihr vom Deckglas nach oben entworfenes Spiegelbild — oberhalb des Präparats, jedoch mit sehr verminderter Leuchtkraft, wirksam wäre. — Soll die so erzeugte diffuse Beleuchtung zur mikroskopischen Beobachtung des Objects in einem positiven Bilde verwandt werden, so ist nichts weiter nöthig, als dass derjenige Theil der untern Lichtfläche, welcher direct Lichtstrahlen in das Mikroskop senden würde, unwirksam gemacht werde. Dies geschieht aber durch eine einfache Centralblende vor der freien Oeffnung der Beleuchtungslinsen, deren Durchmesser so gross genommen werden muss, dass der ganze dem Oeffnungswinkel des Mikroskops entsprechende centrale Strahlenkegel ausser Thätigkeit kommt, das freie Gesichtsfeld also vollkommen dunkel wird. Die zum Präparat gelangenden Strahlen sind dann ausschliesslich diejenigen von der äussersten peripherischen Zone der freien Oeffnung des Beleuchtungssystems und der dieser entsprechenden strahlenden Halbkugel. Da es diejenigen sind, welche nach ihrem Durchtritt durch lichte Stellen des Präparats wegen ihres schiefen Einfalls am stärksten von der obern Deckglasfläche reflectirt werden, so tragen sie am meisten zur Beleuchtung des Objects von oben bei. — Aus dieser Beleuchtung resultirt eine mehr oder minder kräftige diffuse Lichtstrahlung, welche, so weit sie innerhalb des Oeffnungswinkels des Objectivs verläuft, ein positives Bild des Präparats auf dunklem Grunde erzeugt. Selbstverständlich aber tragen zu diesem auch alle diejenigen Strahlen bei, welche durch Brechung oder durch Beugung im Präparat selbst

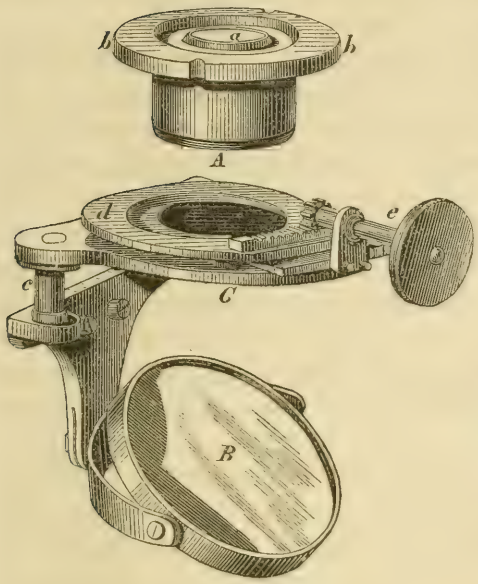
nach der Axe des Mikroskops hin abgelenkt werden und dadurch direct in das Objectiv eintreten können.

Die hier gegebene Erklärung über die Strahlungsverhältnisse im Focus eines Linsensystems von grossem Oeffnungswinkel umfasst alle realen Wirkungen, welche ein sog. Condensor möglicher Weise gewähren kann und zugleich den Beleuchtungseffect durch das Wenham'sche Paraboloid. Was darüber hinausliegt — der ganze Begriff einer Concentration oder Condensation des Lichts und alle die sonderbaren Wirkungen, welche sich daran knüpfen sollen — erweist sich einer strengeren theoretischen Kritik als willkürliche Erfindung; die vermeintlichen Erfolge aber, welche man mit Condensoren erzielt haben will, stellen sich, soweit sie nicht im Vorstehenden ihre Begründung finden, bei accuratem Experimentiren als blosse Fabeln heraus.

Dass die »Condensor« oder »Illuminator« benannten künstlichen Beleuchtungsapparate bisher fast nur illusorische Ziele verfolgt haben und die realisirbaren Vortheile solcher Combinationen bei ihnen desshalb entweder gar nicht oder doch nur sehr verkümmert zur Geltung kommen konnten, erklärt den wohlverdienten Misscredit, in welchem dieselben bei fast allen Beobachtern stehen, die mit dem Mikroskop ernstlich arbeiten wollen. Die Sache liegt aber anders, wenn eine solche Beleuchtungsvorrichtung ihrer ganzen Construction nach darauf angelegt ist, mit den einfachsten Mitteln und in der vortheilhaftesten Form diejenigen Leistungen zu erzielen, welche, dem Obigen zufolge, ihren alleinigen Wirkungskreis ausmachen: möglichst grossen Spielraum in der Abstufung der Beleuchtung nach Qualität und Quantität und möglichste Sicherheit und Leichtigkeit der Regulirung. Nach dieser Seite hin lassen sich, trotz der unvermeidlichen Einbusse in der specifischen Intensität der Wirkungen — die übrigens in den meisten Fällen nur sehr gering zu sein braucht — Vortheile erreichen, deren Realität nicht bestritten werden kann, in Bezug auf welche die Frage vielmehr nur die sein wird: wie hoch oder wie gering sie der Einzelne für seine speciellen Bedürfnisse anschlagen mag.

Alles weitere ergiebt die folgende Beschreibung des nach meinen Angaben ausgeführten Apparates.

Zwei unachromatische Linsen, A a nebenstehender Figur, bilden das zur Beleuchtung dienende System, also den Condensor — um die einmal eingebürgerte Benennung beizubehalten. Es hat die Form



($^2/_3$ natürl. Grösse.)

eines grossen Mikroskopobjectivs mit dicker, mehr als halbkugeliger, planconvexer Frontlinse, und ist in eine runde Messingscheibe bb gefasst, mit der es von oben in den Tisch des Mikroskops eingepasst wird. Es bleibt, wenn einmal zum Gebrauch eingesetzt, ganz unbeweglich in der Axe des Instruments. Die nach oben gekehrte plane Fläche a der Frontlinse liegt dabei nur um eine Spur tiefer als die Ebene der Messingsscheibe bb, und da diese ihrerseits genau in die Tischebene zu liegen kommt, so erleidet letztere keinerlei Unterbrechung, abgesehen von einer schmalen und flachen, die Linsenfläche umgebenden Rinne. Die Brennweite der ganzen Linsencombination beträgt ca. 15 Mm.; erheblich grösser kann dieselbe — wiewohl solches an sich vortheilhaft wäre — nicht genommen werden, ohne auf unbequeme Dimensionen zu kommen. Der obere Brennpunkt aber liegt nur ein paar Millimeter über der planen Fläche der Frontlinse. Wenn daher ein Objectträger mit dem Präparat auf den Tisch des Mikroskops gebracht wird, so kommt das Präparat von selbst nahe in den Brennpunkt zu liegen, wobei die Substanz des Objectträgers, abgesehen von dem dünnen Zwischenraum unter ihm, die Fortsetzung der obern Condensorlinse bildet. — Wenn es in einzelnen Fällen darauf ankommt, Lichtverluste möglichst zu vermeiden, kann man jenen Zwischenraum noch durch einen Tropfen Wasser ausfüllen.

Der Condensor ist unachromatisch, weil es für die beabsichtigte Wirkung absolut werthlos wäre, die als Lichtquelle dienende Wolke oder dergl. scharf abbilden zu wollen; wie es auch durchaus gleichgültig bleibt, ob das Bild genau im Niveau des Präparats oder etwas darunter oder darüber entsteht. Dagegen ist darauf Bedacht ge-

nommen, ihm für den obern Brennpunkt einen möglichst grossen Oeffnungswinkel zu geben. Er liefert — namentlich zum Zweck der Erzeugung lichtstarker positiver Bilder — noch Strahlen, welche in einer Wasserschicht bis nahe 60° gegen die Axe geneigt sind, welche also — da der Grenzwinkel der Totalreflexion für Wasser ca. 48° ist — aus einem Luftraum dem Präparat niemals zugeführt werden könnten. Sollen aber Strahlen von solcher Schiefe für irgend einen Zweck in Wirksamkeit treten, so darf natürlich das Präparat sich nicht in Luft befinden, wie auch der Zwischenraum unter dem Objectträger nicht durch Luft, sondern durch Wasser ausgefüllt sein muss.

Die Strahlen der primären Lichtquelle werden dem Condensor durch einen Planspiegel B, der nur um einen festen Punkt in der Axe des Instruments drehbar, nicht seitlich beweglich ist, zugeführt. Die Regulirung der Beleuchtung aber vermittelt ein besonderer Diaphragmenträger C einige Centimenter unter dem Tisch des Mikroskops zwischen Planspiegel und Condensor, nahe dem untern Brennpunkte des letztern. Die durch verschiedene Diaphragmen aus der gesammten disponibeln Lichtfläche ausgesonderten wirksamen Theile verhalten sich demnach, dem Object gegenüber, wie sehr entfernte aber entsprechend ausgedehnte leuchtende Flächen. — Um die Blendungen schnell und sicher wechseln zu können, ist der ganze Diaphragmenträger um einen seitlich stehenden Zapfen c drehbar, lässt sich durch diese Drehung unter dem Tisch des Mikroskops hervorbewegen, so dass er bequem zugänglich wird, und mit Einer Handbewegung wieder in die richtige centrale Stellung zurückschlagen. Zur Aufnahme der Blendungen dient nicht dieser Träger unmittelbar, sondern eine auf ihm drehbare und verschiebbare Scheibe d, deren Bewegung, nachdem das Diaphragma in eine Oeffnung in ihr eingelegt und der ganze Träger unter den Tisch zurückgeschlagen ist, alle Modificationen in der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen ausführt. Drehung und Verschiebung werden gleichzeitig mittelst eines unter dem Tisch hervortretenden Griffes mit ränderirtem Knopf e bewirkt; in der Art, dass dieser Griff, zwischen den Fingern um seine eigene Axe gedreht, durch Zahn und Trieb die Scheibe mit sammt der Blendung in radialer Richtung verschiebt, während die auf diese Weise excentrisch gestellte Diaphragmenöffnung im Umfang von ca. 120° um die Axe des Mikroskops herumgeführt werden kann, wenn der Griff als Hebel einer

horizontalen Drehung benutzt wird. — Die Mitte im Spielraum der radialen Verschiebung, die der Trieb gewährt, d. h. die centrale Stellung des einliegenden Diaphragmas, deutet sich dem Finger durch das Einspringen eines federnden Zahnes sicher an. — Der Knopf des Triebes dient zugleich als Handhabe für das Vor- und Zurückschlagen des ganzen Trägers.

Was zunächst die Benutzung des Apparates zur gewöhnlichen Beobachtung mit durchfallendem Licht anlangt, so dient ihr eine Anzahl kreisförmiger Scheiben von ca. 30 Mm. Durchmesser mit concentrischen Oeffnungen von 1—7 Mm. Weite. Bei centraler Stellung des Triebes gewähren sie, nach einander eingelegt, alle wünschenswerthen Abstufungen der gewöhnlichen geraden Beleuchtung. Zwar wird dabei keine stetige Veränderung in der Oeffnung des einfallenden Lichtkegels, wie bei einer zurückziehbaren Cylinderblendung, herbeigeführt; da indess ihre lichten Durchmesser einander beliebig nahe liegen können, und wenn man sich an die paar Handgriffe gewöhnt hat, das Wechseln dieser Diaphragmen ausserordentlich schnell geschieht, so erscheint für den gewöhnlichen normalen Gebrauch des Mikroskops diese Einrichtung, verglichen mit dem Oberhäuser'schen Blendungsapparat, keineswegs im Nachtheil; zumal grade für die centrale Beleuchtung der Lichtverlust im Condensor unwahrnehmbar klein bleibt. — Der Uebergang vom geraden zu beliebig schiefem Licht erfolgt aber mit jeder Grösse des wirksamen Strahlenkegels bloss durch Handhabung des erwähnten Triebgriffes, ohne alle Nachhilfe am Spiegel; und zwar hat man es in der Gewalt, auf die angegebene Weise nicht nur die strahlende Fläche bis an die Grenze der freien Oeffnung der starken Objective aus der Axe zu entfernen, sondern zugleich auch — durch Drehung des excentrischen Diaphragmas im Azimuth — das schiefe Licht von jeder Seite her gegen das Object einfallen zu lassen; daher denn bei dem beschriebenen Illuminator die Rotation des Mikroskops um seine Verticalaxe für diesen Zweck entbehrlich wird. — Die Regulirung der schiefen Beleuchtung wird auf diese Weise ausserordentlich leicht und sicher ausführbar; besonders hat man den Vortheil, von jeder Modification zu jeder andern nach Belieben übergehen zu können, ohne immer von Neuem nach dem richtigen Licht suchen zu müssen. Wenn der Spiegel einmal so eingestellt ist, dass der Condensor die volle Beleuchtung gewährt, so bleibt diese so lange bestehen, als die Lichtquelle sich nicht ändert. —

Dagegen muss aber ausdrücklich hervorgehoben werden, dass für sehr schiefes Licht — wenn es sich etwa darum handelt, an Testobjecten die äusserste Grenze des Auflösungsvermögens der Objective in Anspruch zu nehmen, — der Apparat nicht ganz das erreicht, was der einfache Hohlspiegel leisten kann. Der Grund liegt theils darin, dass die stark geneigten Strahlen eine merkbare Verminderung ihrer Intensität erleiden; theils ist er in dem Umstande zu suchen, dass die unvermeidlichen Reflexe an den Flächen des Condensors bei excentrischer Lage der Diaphragmenöffnung Nebenbilder der Lichtfläche unter dem Präparat erzeugen, deren Beitrag zum mikroskopischen Bilde die Wirkung beeinträchtigen muss. Es dürfte — ausser durch ganz unpraktische Complicationen — nicht möglich sein, diesen Nachtheil zu beseitigen. Da er aber bei centraler Beleuchtung vollkommen hinwegfällt, weil alsdann alle Reflexbilder in der Axe liegen, bei mässig schiefem Lichteinfall er aber auch unmerklich bleibt, der geringen Intensität der Reflexe wegen, so leidet darunter der gewöhnliche Gebrauch des Mikroskops nicht im geringsten. Nur scheint es, im Hinblick auf den namhaft gemachten ungewöhnlichen Fall, angemessen, die Einrichtung so zu treffen, dass der Illuminator ohne Umstände mit dem einfachen Hohlspiegel vertauscht werden kann. Es wird desshalb der ganze Diaphragmenapparat mit dem zugehörigen Planspiegel zu einem Stück verbunden, welches (mittelst einer Coulisse) ebenso schnell und sicher unter dem Tisch des Mikroskops angebracht und wieder entfernt, wie der Condensor in die Tischplatte eingefügt und wieder ausgehoben werden kann.

Soll mit polarisirtem Licht beobachtet werden, so braucht nur der polarisirende Nicol, in eine passende Metallscheibe gefasst, an Stelle einer Blendung in den Diaphragmenträger eingesetzt zu werden. Die Wirkung ist in allen Stücken die nämliche wie bei der gewohnten Einrichtung.

Was endlich die Beobachtung der Objecte durch positive Bilder in dunklem Felde anlangt, so tritt der betreffende Beleuchtungseffect in der oben erläuterten Form ohne alles weitere Zuthun in Thätigkeit, sobald in den Diaphragmenträger bei centrischer Stellung desselben statt der früheren Lochblendungen ein schmaler Ring eingelegt wird, der mittelst dünner Speichen eine centrale Scheibe von ca. 12 Mm. Durchmesser trägt. Ist der Oeffnungswinkel des angewandten Objectivs kleiner als der angulare Durchmesser des

auf diese Weise unwirksam gemachten mittleren Theils der disponibeln Lichtfläche unter dem Präparat, so gelangt kein geradlinig durch letzteres hindurchtretender Strahl in das Mikroskop und das freie Sehfeld wird vollkommen dunkel. Das Bild wird ausschliesslich durch solche Strahlen erzeugt, die nach dem Durchtritt durch das Präparat an der Grenze zwischen Deckglas und Luft durch Spiegelung auf jenes herabgeworfen und an seiner Oberfläche wieder diffus reflectirt sind und durch solche, welche auf ihrem Wege durch das Praparat, sei es durch Brechung, sei es durch Beugung, nach der Axe hin abgelenkt worden sind. Je nach der Structur der Objecte ist bald der eine, bald der andere Theil der überwiegende; bei Verwendung einer Immersionslinse bleibt natürlich nur das im Object abgelenkte Licht wirksam, da die Reflexion an der obern Deckglasfläche fast ganz fortfällt. Ist das Präparat weder allzu durchsichtig noch allzu undurchsichtig und sind sonst die Umstände für die fragliche Wirkung günstig, so können die so erhaltenen rein positiven Bilder eine beträchtliche Lichtstärke gewinnen. In vielen Fällen — z. B. bei trocken liegenden Diatomeen — ist die Helligkeit gross genug, um bei gewöhnlichem guten Tageslicht eine 5—600-fache Vergrösserung recht wohl zu gestatten, namentlich dann, wenn der Zwischenraum zwischen der obern Condensorlinse und dem Objectträger durch einen Tropfen Wasser ausgefüllt wird.

Sollen mit dieser Beleuchtungsart Objective verwandt werden, deren Oeffnungswinkel merklich über 40° hinausgeht, so muss derselbe durch Abblendung der peripherischen Zone entsprechend reducirt werden; einestheils, weil sonst das Gesichtsfeld nicht dunkel erhalten werden kann, ohne die wirksame Lichtfläche im Condensor allzu sehr zu schmälern; anderntheils auch desshalb, weil ein zu grosser Divergenzwinkel der abbildenden Strahlenkegel fast bei allen Objecten die Vollkommenheit des Bildes sehr beeinträchtigt. — Diese bei allen stärkeren Objectiven unentbehrliche Abblendung wird durch Diaphragmen mit passender Oeffnung, die man über die oberste Linse aufschraubt, bewirkt. Das Auflösungsvermögen des Objectivs wird dadurch natürlich auf dasjenige Maass vermindert, welches der übrig bleibenden freien Oeffnung entspricht.

Ich mus es dahin gestellt sein lassen, ob und in wie weit diese Beleuchtungsart — welche im Wesentlichen die des Wenham'schen Paraboloids ist — für wissenschaftliche Untersuchungen irgend eine Bedeutung gewinnen kann. Jedenfalls aber unterliegt sie bei der hier in

Rede stehenden Einrichtung nicht im geringsten den Ausstellungen, die man in Bezug auf die Vollkommenheit der Bilder bei ihr erhoben hat und die Harting als dem Princip dieser Wirkung anhaftend hinstellt. Im Gegentheil erhält man mit guten Objectiven auch bei starker Vergrösserung — wenn sonst die Objecte darnach sind — nicht nur sehr nette und deutliche, sondern häufig auch sehr charakteristische Bilder, die wegen ihres plastischen Hervortretens auf dem dunklen Grunde mindestens für Demonstrationen oft entschiedene Vortheile bieten dürften.

In Bezug auf den Gebrauch des Apparates mit durchfallendem Licht mag noch bemerkt sein, dass bei Anwendung sehr schwacher Vergrösserungen, wenn die disponible Lichtquelle nur wenig ausgedehnt ist, häufig keine gleichförmige Beleuchtung des Objects erhalten wird, weil das Bild der Lichtquelle im Focus des Condensors nicht gross genug ist, um den ganzen sichtbaren Umfang des Präparats zu bedecken. Man gewinnt in diesem Falle ein gleichmässig und hinreichend stark erhelltes Sehfeld, wenn man den Planspiegel durch ein Stück weisses Papier überdeckt. — Soll mit Lampenlicht beobachtet werden, so ist es das Zweckmässigste, in gerader Linie zwischen Flamme und Spiegel eine möglichst grosse Sammellinse — am einfachsten eine mit mässig blau gefärbtem Wasser gefüllte grosse Glaskugel — einzuschalten, um die Leuchtkraft der kleinen Flamme auf deren grössere Oberfläche zu übertragen. Dieses ist erreicht, wenn die Spitze des von der Linse oder der Kugel ausgehenden Lichtkegels den Spiegel trifft und dessen Fläche vollständig erhellt.

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass die Beobachtung des im vorangehenden Aufsatze mehrfach erwähnten Oeffnungsbildes in der obern Focalebene des Objectivs (durch Herabsehen in den offenen Tubus) das einfachste Mittel darbietet, alle hier discutirten Wirkungen direct zu controliren und dass eine solche Controle eben so sehr für die praktische Handhabung des in Rede stehenden Apparates wie für die richtige Beurtheilung der verschiedenen Beleuchtungseffecte überhaupt von Vortheil sein wird.

Untersuchungen über die Endigung der Nerven in den quergestreiften Muskelfasern.

Von

Dr. Rudolf Arndt,

Privatdocenten in Greifswald.

Hierzu Tafel XIX, XX und XXI.

Valentin[1]) und Emmert[2]) beschrieben unabhängig von einander im Jahre 1836 als die letzten Endigungen von Nerven in den quergestreiften Muskeln schlingenförmige Bildungen derselben, durch welche die einzelnen Fasern umgriffen würden. Einige Jahre später machte ähnliche Mittheilungen auch Remak[3]), indem er angab, dass bei Säugethieren die Muskelnerven ihm als umspinnende Netze blasser Fasern auf der Oberfläche des Sarkolemmas zu endigen schienen, und eine Reihe von Jahren nach diesen traten mit ähnlichen Angaben auch Schaaffhausen[4]) und Beale[5]) auf. Diese

1) Valentin. Ueber d. Verlauf u. d. letzt. Endigungen d. Nerven. Nova acta acad. Leopold. XVIII, 1.

2) Emmert. Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Muskeln. Bern 1836.

3) Remak. Ueber d. Zusammenziehung d. Muskelprimitivbündel. Arch. f. Anatom. u. Physiolog. 1843, p. 189 Anm.

4) Bericht d. Naturforschervers. zu Bonn. 1859. p. 193.

5) Beale. On the Distribution of Nerves to the Elementary Fibres of striped Muscle. — Proceedings of the Royal Society, 1860. Vol. X. p. 519 u. ff. — Philosophical transact. 1860, p. 621 u. f. — Beale. On the Anatomy of Nerve-fibres and Celles, and the Ultimate Distribution of Nerve-fibres. — Quarterly Journal of Microscop. Science. 1863, p. 97 u. f.

beiden Forscher wollten in Carminpräparaten sogar ganze Netze kerntragender Fasern gesehen haben, welche die einzelnen Muskelbündel umspinnen, und der letztere von ihnen glaubte dies selbst so häufig und bei den verschiedensten Thierklassen gesehen zu haben, dass er die Muskelbündel umspinnenden, in sich abgeschlossenen Netze kerntragender Fasern als die einzig sicher erkannten Endigungen der Muskelnerven betrachtete und hieran festhielt, obgleich durch anderweitige Entdeckungen ihm die erheblichste Opposition gemacht wurde.

Diese Entdeckungen bestanden aber in nichts Weniger als dem Auffinden ganz bestimmter, eigenthümlich gearteter Apparate, durch welche der Nerv mit dem Muskel in Verbindung trat. Und so allgemein verbreitet, wenn auch verschiedenartig gebildet, hatte man nach und nach durch die gesammten Thierklassen, welche quer gestreifte Muskeln besitzen, diese Apparate gefunden, dass man sie bis auf wenige scheinbare Ausnahmen als die allein vorkommende Endigungsweise ansah und die sogenannten Schlingen, die auch anderweit in Misscredit gekommen waren, gänzlich fallen liess.

Die erste einschlägige Entdeckung hatte Doyère[1]) im Jahre 1840 an Milnesium tardigradum gemacht, indem er fand, dass die Muskelnerven dieses Thierchens sich der Art mit der Muskelsubstanz verbanden, dass der sehr zarte, blasse und hüllenlose Nerv mittelst einer kegelförmigen Anschwellung die ebenso zarte, blasse und hüllenlose Muskelfaser scheidenartig umgriff und auf diese Weise seine Substanz mit der contractilen der Muskelfaser, ohne dass noch irgend welch scheidendes Element zwischen beiden vorhanden wäre, in die innigste Berührung brachte. Nach ihm fand Quatrefages[2]) ganz gleiche Verhältnisse bei Eolidia paradoxa, einer Nacktschnecke und Hydatina und Notommata, Mitglieder der Gruppe der Räderthiere, Koelliker[3]) bei einer Larve aus der Mückengattung Chironomus, sodann Meissner[4]) bei Mermis und

1) Doyère. Mémoire sur les Tardigrades. — Annal. des sciences nat. 2de Série. 1840. XIV. p. 346.

2) Quatrefages. Mémoire sur l'Eolidina paradoxa — Annal. des sciences nat. 2de Série. 1843. T. XIX p. 299.

3) Koelliker. Mikroskop. Anatom. Bd. II. 1 Hlft. p. 245.

4) Meissner. Beiträge zur Anat. u. Physiolog. v. Mermis albicans. Zeitschrift f. Zoolog. Bd. 5 p. 234. — Beiträge zur Anat. u. Physiol. d. Gordiaceen. ibid. Bd. VII p. 26.

Ascaris, Wedl[1]), Walther[2]), Munk[3]) bei andern Nematoden, in neuester Zeit Greeff[4]) ausser bei Milnesium oder Arctiscon und Macrobiotus, zweien Gattungen der Familie der Arctiscoiden oder Bärenthierchen, auch noch wie Quatrefages bei einigen Räderthieren. Aber alle die Entdeckungen an den niederen Thieren, den Schnecken und Würmern, sind nicht so bestätigt worden, dass sie als gesichert betrachtet werden könnten. Im Gegentheil, es hat sich gar mancher Widerspruch gegen sie erhoben und einzelne von ihnen, wie die von Quatrefages, sind geradezu in Zweifel gezogen worden[5]). Nur die bei den Arthropoden gewonnenen sind geblieben, wenn auch vorläufig noch auf den kleinen Raum beschränkt, auf dem sie gewonnen worden.

Zu Anfang der sechsziger Jahre entdeckten fast gleichzeitig in den Muskelnerven der Reptilien, Vögel und Säuger Rouget[6]) seine Plaques terminales und Krause[7]) seine motorischen Endplatten, und ein wenig später ganz ähnliche Gebilde Waldeyer[8]) und Axel Key[9]) auch an den Muskelnerven des Frosches. Indessen während die Entdeckungen der beiden Ersten alsbald von allen Seiten bestätigt wurden, ist dieses für die der Letzteren sehr lange nicht ge-

---

1) Wedl. Ueber d. Nervensystem d. Nematoden. Wiener Sitzungsbericht. 1855. XVII, 298.

2) Walther. Beiträge zur Anat. u. Physiol. v. Oxyuris ornata. Zeitschft. f. Zoolog. VIII, p. 163.

3) Munck. Zur Anat. u. Physiol. d. quergestreift. Muskelfaser d. Wirbelthiere etc. Götting. Nachricht. 1858, 1. p. 11.

4) Greeff. Ueber d. Nervensystem d. Bärenthierchen. Arch. f. mikroskop. Anat. Bd. I. p. 101, für letzte Angaben p. 122.

5) Greeff. Zur Frage über d. Endigungen der Muskelnerven. ibid. p. 437.

6) Rouget. Note sur la terminaison des nerfs moteurs dans les muscles chez les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Compt. rend. 1862. LV, p. 548—551.

7) Krause. Mittheilungen aus d. path. Institut zu Göttingen. Göttinger Nachrichten 1863. a. Endigung d. Muskel, Stück 2, p. 21. b. Ueber d. motor. Endplatte, 3. p. 33.

8) Waldeyer. Untersuchungen über d. Ursprung u. d. Verlauf d. Axencylinders bei Wirbellosen u. Wirbelth., sowie über dessen Endverhalten in d. quergestreiften Muskelfasern. Zeitschr. f. rat. Medic. XX, p. 193.

9) Axel Key. Förhandling. vid Skand. Naturf. i. Stockholm, 1863. Nach Henle's Ref. in Zeitschrift f. rat. Med. Bd. XXX, p. 54.

schehen. Ja sie wurden von Kühne[1]) geradezu als unrichtig in Abrede gestellt, können aber dennoch als vollständig richtig betrachtet werden, seit auch Krause[2]) die betreffenden Gebilde auffand und sie, wie bei den Fischen, als sehr lang gestreckt und schmal beschrieb, während sie bei den Reptilien, Vögeln und Säugern eine mehr runde Form hätten.

Inzwischen war die Theilung der Nervenprimitivfasern innerhalb der Muskeln bekannt geworden. Brücke und Müller[3]) hatten sie in den Augenmuskeln des Hechtes gesehen, R. Wagner[4]) im M. hyoglossus des Frosches. Reichert[5]) zählte sie sogar im Brusthautmuskel dieses Thieres und fand, dass die 7—10 Primitivfasern, welche zu ihm treten, durch fortgesetzte Theilung in mehr als 300 Endäste zerfielen und so die 150—180 Fasern des Muskels mit einer ungleich grösseren Anzahl von Aesten versorgten. Jedes Bündel würde demnach von mehr als einem Faden, manche von mehreren versorgt. Stannius[6]) sah danach eben solche Theilungen in den Muskeln der Fische und nachdem sie demnächst von den verschiedensten Seiten in den Muskeln der verschiedensten Warmblüter gesehen worden waren, fand sie Koelliker[7]) endlich auch in denen des Menschen auf.

Doch wie schliesslich die Nerven der Muskeln endigten, das hatte von diesen Beobachtern noch keiner gesehen. Kühne[8]) war

1) Kühne. Nerv u. Muskelfaser in S. Stricker's Handbuch d. Gewebelehre. Leipzig 1868.

2) Krause. Ueber d. Nervenendig. innerhalb d. motor. Endplatten. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868, p. 646 u. Die motorisch. Endplatten. Hannover 1869, p. 95 u. ff.

3) Joh. Müller. Handbuch d. Physiol. 4. Aufl. 1844. Bd. I, p. 524.

4) Rud. Wagner. Handwörterbuch d. Physiolog. Bd. III, p. 381 u. ff. — Neue Untersuchungen über d. Bau u. d. Endigung d. Nerv. u. s. w. Leipzip 1847.

5) Reichert. Ueber d. Verhalten d. Nervenfas. bei d. Verlauf, d. Vertheilung und Endigung in einem Hautmuskel d. Frosches. Arch. f. Anat. u. Physiolog. 1851, p. 29.

6) Stannius. Das peripher. Nervensyst. d. Fische etc. Rostock 1849. — Ref. in Götting. Nachricht. 1850.

7) Koelliker. Mikroskopische Anatom. Bd. II. 1 Hlft. p. 238 u. ff. — Gewebelehre 5. Aufl. 1867, p. 169.

8) Kühne. Untersuchungen über d. Beweg. u. Veränderung d. contraktil. Substanz. Arch. f. Anat. u. Physiolog. 1859, p. 564 u. Myologische Untersuchungen. Leipzig 1860, p. 67—68. Ferner: Nerv u. Muskel in Stricker's Handbuch. Leipzig 1868.

es vorbehalten, darüber zuerst einiges Licht zu verbreiten, indem er fand, dass die Nervenendäste nicht blos zu den einzelnen Muskelbündeln hinantreten, um sie schlingenförmig zu umspinnen, sondern dass sie in dieselben förmlich eindringen und da in einer sehr charakteristischen Weise endigten. Zuerst fand er dies bei den Insekten, sodann aber auch bei den Spinnen und Krustern und damit bei allen drei Abtheilungen der Arthropoden. Er sah den Nerv an den Muskel hinantreten, sah seine Schwann'sche Scheide in das Sarkolemma dieses übergehen und seinen Axencylinder, der sich in der Regel gabelig theilte, sich in eine grössere oder kleinere Anschwellung verlieren, die von der eigentlichen Muskelsubstanz nicht bloss deutlich unterschieden war, sondern zwischen sich und diesen noch eine Anhäufung von Kernen, Körnchen, Kügelchen hatte. Diese letzteren aber standen wieder mit den gleichen Gebilden, welche das Innere eines Muskels in längeren oder kürzeren Reihen durchziehen und als Ueberreste des Bildungsmaterials desselben betrachtet werden, in Zusammenhang, und die Verbindung des Nerven mit dem Muskel machte sich demnach so, dass nach dem Verschmelzen seines Neurilemmas mit dem Sarkolemma zu einem einzigen Schlauche sein Axencylinder durch eine Anschwellung mit dem Bildungsmateriale des Muskels und durch dieses mit der contractilen Substanz desselben selbst in Berührung kam. Kühne fand also bei den Sarkolemma führenden Muskelbündeln der Insekten, was Doyère und Greeff bei den nackten Muskeln der Arctiscoiden gefunden hatten, dass nämlich der Nerv sich direkt an die Muskelsubstanz anlehnt und zwar vermittelst einer Anschwellung, die bald mehr, bald weniger am Muskelbündel hervorragt und deshalb von ihm zu Ehren des Entdeckers dieses Verhältnisses überhaupt als »Doyère'scher Hügel« benannt worden ist.

Kurze Zeit darauf kam Kühne[1]) zu ähnlichen Resultaten auch beim Frosch und nach Rouget's und Krause's Entdeckung der Endplatten bei den Reptilien, Vögeln und Säugern auch bei diesen[2]).

---

1) Kühne. Note sur un nouvel organe du système nerveux. Compt. rendu, 1861. Fevr. p. 316 u. Ueber d. peripherischen Endorgane d. mot. Nerven. Leipzig, 1862.

2) Kühne. Ueber d. Endigung d. Nerven in den Muskeln. Virchow's Arch. Bd. XXVII u. Ueber den feineren Bau d. peripherischen Endorgane d. motorisch. Nerven. ibid. Bd. XXVIII.

Doch lagen die Verhältnisse bei allen diesen Thierklassen nicht gleich. Denn beim Frosch fand Kühne keine Gebilde, welche dem Doyère'schen Hügel entsprächen. Der in sogenannte Endbüsche zerfahrende Nerv tritt nach ihm nämlich, ohne vorher eine Anschwellung zu bilden, in den Muskelschlauch ein. Seine Schwann'sche Scheide geht dabei wie bei den Arthropoden in das Sarkolemma über und sein Axencylinder legt sich wie dort an die Muskelsubstanz an und zwar ebenfalls wieder durch Vermittelung von Kernen. Aber diese Kerne sind hier nicht gehäuft und der Axencylinder nicht in eine über denselben befindliche Anschwellung aufgegangen, sondern diese Kerne liegen zerstreut über der contraktilen Muskelsubstanz, zwischen ihr und dem Sarkolemma, und der Axencylinder, indem er sich wiederholt theilt, dabei die Markscheide verliert und in blasse zarte Bänder sich verwandelt, verbindet sie zu einem zierlichen, viel verzweigten Systeme, das unter Umständen von dem Sarkolemma losgelöst und in der flüssig gemachten Muskelsubstanz flottiren gelassen werden kann. Die Kerne, »Nervenendknospen« genannt, unterscheiden sich indessen sehr von den Muskelkernen und treten niemals in irgend welche Verbindung mit ihnen. Sie zeigen bei stärkerer Vergrösserung eine complicirte Struktur und eine innige Verbindung mit den Axencylindern durch besondere Fäden, aber kein Protoplasma als körnige Unterlage und verhalten insofern sich doch anders als die Kerne, welche dem Doyère'schen Hügel der Arthropodenmuskeln als Podium dienen. Und wie beim Frosch, so traf Kühne es auch bei den übrigen Lurchen, bei den Tritonen, den Kröten, den Proteus- und Salamanderarten, so dass für ihn da vollständige Gleichheit herrschte[1]). Dagegen lagen ihm bei den Reptilien, den Vögeln und Säugethieren die Sachen wieder anders. Da fand er auch die Endplatten und in diesem Verhältnisse, welche vielfach an die in den Doyère'schen Hügeln erinnerten.

Die Endplatten nämlich sind, wie ihr Name besagt, flache, platte Gebilde, welche aus einer theils glasigen, theils granulösen und kernführenden Masse zusammengesetzt der Oberfläche eines Muskelbündels da aufliegen, wo ein Nerv an denselben hinantritt. Nach Rouget liegt diese Masse unter dem Sarkolemma unmittelbar auf der contractilen Muskelsubstanz und ist ein Aequivalent für die Kerne und granulirte Substanz des Doyère'schen Hügels der

1) Kühne. Nerv u. Muskel in Stricker's Handbuch der Gewebelehre.

Arthropodenmuskeln. Nach Krause dagegen liegt die Masse ausserhalb des Sarkolemmas und hat mit der Muskelsubstanz direkt nichts zu schaffen. Nach Rouget durchbohrt demgemäss auch der Axencylinder eines zuführenden Nerven das Sarkolemma und löst sich in die Endplatte auf und die Schwann'sche Scheide geht dabei in das Sarkolemma des Muskelbündels über. Nach Krause hingegen liegt die Endplatte in einer sackartigen Erweiterung der Schwann'schen Scheide und wenn diese auch mit dem Sarkolemma verschmilzt, bleibt somit doch eine Scheidewand, welche die nervöse Platte von der contraktilen Substanz des Muskels trennt.

Kühne[1]) erklärte die Auffassung von Rouget als die richtigere. Denn er fand wie dieser, dass die Schwann'sche Scheide in das Sarkolemma des betreffenden Muskelbündels überginge und mit diesem einen continuirlichen Schlauch bildete, und dass der Axencylinder in die Endplatte ausliefe. Allein dies geschähe nicht in der von Rouget angegebenen Weise, sondern in einer noch näher zu bestimmenden Art. In jeder Endplatte Rouget's und Krause's könne man zwei deutlich getrennte Schichten unterscheiden, eine trübe, granulirte, kernführende untere und eine helle, kernlose obere. Scheinbar kommen allerdings auch in der letzteren Kerne vor, doch gehören diese nicht ihr, sondern wie schon Krause richtig erkannt habe, der sackartigen Erweiterung der Schwann'schen Scheide an. Uebrigens seien diese Kerne von denen in der granulirten Masse ganz different und können sehr leicht von ihnen unterschieden werden. Beide Abtheilungen der genannten Endplatte seien scharf getrennt und lassen nirgend Uebergänge in einander erkennen, wenngleich sie auch sehr innig an einander haften. In die obere Abtheilung löse sich der Axencylinder des zuführenden Nerven auf, nachdem er sich wiederholt getheilt und dabei seine Markscheide verloren habe. Sie sei desshalb als die eigentliche nervöse Endplatte anzusehen, die wahre »Nervenendplatte« oder »motorische Nervenplatte«, während der unteren Abtheilung nur die Bedeutung einer Basis oder »Sohle« des Nervenendes zukomme. Um Missverständnisse zu umgehen, nennt Kühne desshalb auch das ganze Gebilde nicht mit Rouget und Krause Endplatten, sondern

1) Kühne. Der Zusammenhang v. Nerv u. Muskelfaser. Virchow's Arch. Bd. XXIX, p. 207 u. Ueber d. feineren Bau d. peripherischen Endorgane d. motor. Nerven. ibid. p. 433.

»Nervenhügel« und vindicirt ihm somit schon durch den Namen die Analogie mit dem Doyère'schen Hügel der Arthropodenmuskeln, welche es bald mehr, bald weniger auch durch seinen ganzen Bau bekundet.

Ueber die Bedeutung der Sohle des Nervenhügels giebt Kühne keine bestimmten Erklärungen ab. Nie sah er Verbindungen zwischen ihr und Theilen der eigentlichen Muskelsubstanz bestehen. Dennoch ist er nicht abgeneigt, in ihr Reste eines für die Entwickelung des Muskel- und Nervengewebes gleich wichtigen Bildungsmaterials anzuerkennen, das sonst noch in der Muskelsubstanz in den zerstreuten Kernen mit ihrem spärlichen Protoplasma angetroffen wird.

Die Entdeckungen Kühne's wurden bestätigt, wurden beanstandet. Margo[1]) giebt an, wie Kühne gesehen zu haben, dass die Schwann'sche Scheide eines zu einem Muskelbündel tretenden Nerven mit dem Sarkolemma desselben verschmelze und dass der Nerv selbst in das Muskelbündel eintrete, hier aber nicht, wie Kühne angegeben, in eine besondere Endplatte übergehe, sondern sich in ein System von Kern- und Kornfasern verliere, das die ganze contraktile Substanz durchziehe und so gewissermassen diese mit dem Nerven in direkte Berührung bringe. Zuerst wollte er dies nur beim Frosch wahrgenommen haben, später aber auch bei den Arthropoden und somit in ziemlich weiter Verbreitung. Nach ihm machte ähnliche Angaben Engelmann[2]) und Moxon[3]). Der Erstere hatte anfänglich bei den Arthropoden überhaupt und dann ganz besonders bei Trichodes und einzelnen Raupen das Durchtreten des Nerven durch das Sarkolemma und seine Auflösung unter demselben in angegebener Weise gesehen, dabei aber zugleich seinen zwar allmähligen, doch unmittelbaren Uebergang in die contraktile Muskelsubstanz selbst wahrgenommen und ausserdem noch im Doyère'schen

1) Margo. Ueber d. Endigung d. Nerven in d. quergestreiften Muskelsubstanz. Pest 1862.

2) Engelmann. Untersuchungen über d. Zusammenhang von Nerv u. Muskelfaser. Leipzig 1863. Arthropoden, p. 33 u. ff. — Ueber Endigung der motor. Nerven. Jenaische Zeitschr. I. 322 (Trichodes). — Zur Lehre v. d. Nervenendigung. ibid. IV, 307 (Raupen).

3) Moxon. Description of the peripheral termination of a motor nerve. — Quarterly Journ. of microscop. scient. 1866 Octbr., p. 235.

Hügel eine blasse, glasige Masse erkannt, welche über der granulirten kernführenden Substanz lag, die von Kühne als alleiniger Inhalt desselben beschrieben worden war, und der letztere hatte in dem M. retractor antennae einer durchsichtigen Fliegenlarve das Neurilemma des zugehörigen Nerven mit dem Sarkolemma verschmelzen und den Axencylinder in eine helle Substanz übergehen sehen, welche nur an der Seite des Muskelinhaltes lag, an welcher jener eintrat. Und diese Thatsache war um so weniger anzugreifen, als man sehen konnte, wie der Muskel sich nur an der Seite zusammenzog, an welcher jene Masse nicht lag und wie er in Folge dessen sich auch nur nach jener Seite hin krümmte. Nach späteren Angaben Kühne's wäre es aber sehr wohl möglich, diese glasige Masse in den Doyère'schen Hügeln als das Analogon der eigentlichen Endplatte der Nervenhügel der Reptilien, Vögel und Säuger zu betrachten und damit wäre denn auch, was längst zu vermuthen gewesen, der Doyère'sche Hügel selbst thatsächlich dem Bau jener Nervenhügel vollständig entsprechend.

Koelliker[1]) hingegen ist gewillt, die Sache anders aufzufassen. Er glaubt, dass nach Weissmann's Untersuchungen die Arthropodenmuskeln nicht unbedingt den Wirbelthiermuskeln zu vergleichen und dass insbesondere die einzelnen Muskelfasern und das Sarkolemma jener nicht den gleichbenannten Theilen dieser an die Seite zu stellen seien. Die ersteren entsprechen vielmehr ganzen Bündeln dieser und der Inhalt eines Sarkolemmaschlauches somit einem schon zusammengesetzten Fascikel derselben. Das Eintreten des Nerven in den Muskel sei darum auch nur ein scheinbares und dürften somit namentlich auch Engelmann's Beobachtungen an Trichodes, selbst wenn sie zugegeben werden müssten, vorläufig wenigstens doch nicht zur Unterstützung der Ansichten von Rouget und Kühne zu verwerthen sein. Aehnlich sprachen sich danach auch Aeby, Peremeschko[2]), Krause[3]), gestützt auf gewisse Vorgänge während der Entwickelung aus und war es namentlich der letzte, der ausführte, dass bei den Muskeln der Arthropoden darin ein

1) Koelliker. Gewebelehre. 5. Aufl. 1867. p. 172.

2) Peremeschko. Die Entwickelung der quergestreiften Muskelfaser. Virchow's Arch. Bd. 27.

3) Krause. Ueber die Endigungen d. Muskelnerven. Zeitschft. f. rat. Med. XVIII, p. 136 u. ff.

anderer Modus herrschte, als bei denen der Wirbelthiere. Ihnen zugesellte sich Maddox[1]) und hob gewissermaassen im Gegensatze zu Moxon hervor, dass er bei einer Tipula-Larve wohl gesehen habe, dass der Nerv mittelst einer fächer- oder steigbügelartigen Anschwellung den Muskel umfasse und dabei seine Scheide mit der Muskelscheide sich innig verbände, dass aber keine direkte Berührung seiner Substanz mit der Muskelsubstanz irgendwie eintrete.

In Betreff des Froschmuskels geschah Aehnliches. Fürs Erste blieb Margo der einzige Partisane Kühne's. Zwar wurde die Art und Weise, wie Kühne die Nervenendigung beschrieben hatte, d. h. die Auffaserung der markhaltigen Faser in eine sehr gestreckte, faserartig verzweigte Platte von allen Untersuchern bestätigt; allein darin, dass diese Platte unter dem Sarkolemma liegen sollte, wichen doch so manche von ihm ab. Die meiste Opposition machte auch hier wieder Koelliker[2]). Derselbe behauptete auf das bestimmteste, dass die ganze Endausbreitung des Nerven über dem Sarkolemma läge, und dass die sogenannten Endknospen Kerne der Schwann'schen Scheide seien, welche von dem betreffenden Nervenaste auf seine Zweige übergegangen sei. Krause[3]) und Rouget[4]) stimmten dem vollständig bei und erst später kamen Engelmann[5]), Waldeyer[6]) Letzerich[7]) und Cohnheim[8]), welche für Kühne eintraten und die intramuskuläre Lage jener Faserplatte behaupteten. Dabei jedoch glaubte Engelmann, dass derselben auch eine Sohle granulirter Substanz zukomme, durch welche sie in die contraktile Muskelsubstanz ohne Weiteres übergehe, und dass die sogenannten Endknospen nur ganz gewöhnliche Kerne seien, denen

---

1) Maddox. Proceeding of the Roy. Society, 1867, Nr. 94, p. 60. Nach Henle's Referat in Zeitschft. f. rat. Medic. Bd. XXXII, p. 48.

2) Koelliker. Untersuch. über d. letzt. Endigungen d. Nerv. 1. Ueber d. Endigung d. Nerv. im Muskel d. Frosches. — Zeitschft. f. Zoolog. XII, p. 149.

3) Krause. Bemerkungen über einige histiologische Controversen. Zeitschrft. f. rat. Med. Bd. XV, p. 189.

4) Rouget l. c.

5) Engelmann. Untersuchungen über d. Zusammenhang u. s. w.

6) Waldeyer l. c.

7) Letzerich. Med. Centralbl. 1863, Nr. 37.

8) Cohnheim. Ueber Endigung d. Muskelnerven. Virchow's Arch. Bd. 34 pag. 194.

keine besondere Struktur weiter zukomme, ferner Waldeyer und Axel Key, dass, wie erwähnt, auch noch Endplatten existiren, und nur Cohnheim trat ihm unbedingt bei, indem er glaubte, seine Angaben in ihrem vollen Umfange vermittelst der Versilberungsmethode bestätigen zu können. Allein Krause litt das nicht. Nach einiger Zeit erhob er sich von Neuem und behauptete, auf erneute Untersuchungen[1]) gestützt, nach wie vor die Existenz extramusculärer Endplatten und nunmehr in ihnen auch noch eine terminale Auffaserung des jeweiligen Axencylinders zu der scheinbar moleculären Masse, aus welchen sie grösstentheils gebildet werden.

Beinahe dasselbe ereignete sich auch in Bezug auf die Nervenhügel der Reptilien, der Vögel und Säuger. Während Engelmann[2]), Waldeyer[2]), Letzerich[2]), Cohnheim[2]), zu denen in späterer Zeit auch noch Trinchese[3]) kam, mit Kühne und Rouget dieselben unter das Sarkolemma verlegten, blieb Krause dabei, dass sie über ihm liegen und Koelliker schloss sich ihm an. Indessen alle die Autoren, welche Kühne noch hinsichtlich der Lage der Gebilde beigestimmt hatten, hatten doch noch nichts über ihre Struktur ausgesagt und gerade in diesem Punkte wurde letzterm von Vielen, die sonst noch seiner Meinung waren, die energischste Opposition gemacht. Zuerst erhoben sich Rouget und Krause und bald nach ihnen auch Koelliker[4]) und Engelmann[5]) und erklärten, dass seine Endplatten Kunstprodukte oder cadaveröse Gerinnungen seien. Ja Rouget[6]) ging soweit zu behaupten, dass diese Platte mit der Nervenendigung gar nichts gemein hätte, sondern dass die alleinige und wahre Endigung des Nerven in der granulirten, kernführenden Substanz des Nervenhügels stattfinde

---

1) Krause. Ueber die Nervenendigung innerhalb der motor. Endplatten. Arch. f. Anat. u. Physiolog. 1868, p. 646.

2) l. c.

3) Trinchese. Mémoire sur la terminaison periphérique des nerfs moteurs dans la série animale. Journ. de l'anatom. et de la physiolog. 1867, p. 485.

4) Koelliker. Gewebelehre. 5. Aufl. 1867, p. 172.

5) Engelmann. Zur Lehre v. d. Nervenendigung. Jenaische Zeitschft. IV, 307 u. ff.

6) Rouget. Note sur la terminaison des nerfs moteurs chez les vertébrés supérieurs. Compt. rendu. 1864, Bd. LIX, p. 809 u. Note sur la terminaison des nerfs moteurs chez les crustacés et les insectes. ibid. p. 851.

und zwar indem sein Axencylylinder sich in diese auflöse. Später schränkte er zwar diese Behauptung wieder in Etwas ein, indem er für Insektenlarven und namentlich für Crustaceen angab, dass der Axencylinder des eingetretenen Nerven hier auch nicht einmal mit der granulösen Substanz etwas zu schaffen habe, sondern sich in Fasern auflöse, welche jene nur durchsetzen, um direkt zur contraktilen Substanz des Muskels selbst überzugehen; aber die Endplatten als solche zugegeben hat er nicht. Engelmann[1]) und Krause[2]) kamen beinahe zu derselben Zeit auch zu solchen Resultaten, jener bei Raupen, dieser bei Wirbelthieren. Nach beiden soll nämlich der Axencylinder sich in die granulöse Substanz der Nervenhügel verlieren und diese zum grossen Theile aus fädigen Elementen, nach Krause sogar aus deutlichen, knopfförmig endenden Fäden, sogenannten Terminalfäden, zusammengesetzt sein. Immerhin blieb aber Krause dabei, dass das ganze Gebilde extramuskulär sich befinde und unmittelbar mit dem Muskelinhalt nicht in Berührung käme, besonders, da auch Isolirungsversuche in starker Salzsäure ihm Beweise dafür in die Hand gegeben hätten.

Die Sachen liegen demnach etwa so: die Nerven treten in die einzelnen Muskeln ein und lösen sich zwischen ihren Primitivfasern auf, welche, wie allgemein angenommen wird, sich vielfach theilen und auf die Muskelprimitivbündel übergehen, um an ihnen oder in ihnen zu enden. Allein wie das geschieht, darüber stehen sich zwei Hauptmeinungen schroff gegenüber. Nach Valentin, Emmert, Remak, Schaaffhausen und vornehmlich Beale umspinnen sie dieselben blos und enden auf ihnen in bald mehr, bald weniger lang gestreckten und in sich geschlossenen Netzen. Nach Doyère, Rouget, Krause, Kühne und deren Nachfolgern dagegen endigen sie lokal und zwar mit meist circumscripten Anschwellungen den von Kühne als Doyère'sche Hügel resp. Nervenhügel bezeichneten Endplatten von Rouget und Krause.

Wo diese Anschwellungen aber liegen, steht unter ihren Verfechtern auch noch nicht fest. Rouget, Kühne, Engelmann, Waldeyer, Cohnheim, Letzerich, Trinchese halten ihre

---

1) Engelmann. Zur Lehre v. d. Nervenendigung. Jenaische Zeitschft. IV, 307 u. ff.

2) Krause. Ueber d. Nervenendig. innerhalb d. motorisch. Endplatten, Arch. f. Anat. u. Physiolog. 1868 u. D. motorisch. Endplatten. Hannover 1869.

Lage für intramuskulär und geben ihnen dieselbe Bedeutung, wie den Endanschwellungen bei den hüllenlosen Nerven und Muskeln der Arctiscoiden. Krause, Koelliker dagegen sind der Meinung, dass sie extramuskulär liegen und mit der Muskelsubstanz direkt in gar keine Berührung kommen. In den Nervenhügeln nehmen Kühne und Cohnheim nun endlich die obere helle, glasige Masse, als eigentlichen Endapparat, die nervöse Endplatte an, und erkennen der unteren, kernführenden, granulösen Masse nur eine untergeordnete oder doch wenigstens zweifelhafte Rolle zu. Dagegen erklären alle anderen Beobachter, mit Ausnahme von Rouget, die Kühne'sche Endplatte für ein Kunstprodukt und sehen allein in der kernführenden granulösen Masse den Endapparat. Denn Rouget lässt ja den Axencylinder nach seiner Auflösung diese Masse nur einfach durchsetzen und sich erst hinter ihr, in der contraktilen Substanz, ganz unmittelbar ausbreiten.

Ausserdem haben Reichert[1]), Koelliker[2]) und Krause[3]) noch Muskelnerven beschrieben, welche zweifelhaft enden. Es sind dies theils feine, blasse, marklose, theils feine, markhaltige Fasern und wurden für Gefässnerven und sensible Nerven gehalten. Nach Koelliker gehen die letzteren wenigstens stellenweise Verbindungen ein; nicht selten scheinen sie aber auch mit freien Enden, nachdem sie, wie schon Reichert angegeben, ganz wo anders hin verlaufen sind, aufzuhören. Aehnliche oder vielmehr blos entsprechende Nerven sind auch von Greeff[4]) bei den Arctiscoiden beschrieben worden. Es treten dieselben als feine Fäden von den Hauptstämmchen ab und verlieren sich, feiner und feiner geworden, in den Geweben, ohne dass dies gerade Muskeln zu sein brauchen.

Die Valentin-Remak-Beale'schen Ansichten stehen zur Zeit ganz verlassen da. Man hat ihren Grund in Verwechselung mit elastischen Fasern und Bindegewebsfasern gesucht. Die Krause-Koelliker'schen Ansichten erfreuen sich zur Zeit auch keines grossen Anhanges. Man hat sie auf fehlerhafte Präparationsmethoden zurückgeführt. Die Margo'schen Angaben sind sogar halb und halb verlacht wor-

1) Reichert. l. c. p. 63—66.

2) Koelliker. Gewebelehre. 5. Aufl. 1867, p. 169 u. 173.

3) Krause. Ueber d. Endigung d. Muskelnerven. Zeitschrft. f. rat. Med. Bd. XVIII, p. 151—152.

4) Greeff. Ueber d. Nervensystem d. Bärenthierchen. l. c. p. 121—122.

den. Sie ordneten sich zu wenig der herrschenden Schule und Ausdrucksweise unter. Am meisten en vogue sind die von Kühne und seinen Anhängern. Nichtsdestoweniger kann ich die erstgenannten Ansichten doch nicht als ganz irrig ansehen und ebenso die zweit angeführten als unbegründet mit zurückweisen. Auch die Margo'schen kann ich nicht in toto mit verdammen. Ich kann aber auch ebenso wenig die zuletzt erwähnten ganz unbedingt gelten lassen. Alle drei Ansichten haben ihre Berechtigung, weil für sie alle positive Unterlagen zu finden sind, und daraus folgt wieder, dass keine allein Geltung hat, ganz abgesehen davon, dass unter den Vertretern der letzten, die, wie gesagt, sich der meisten Ankänger erfreut, auch noch manche Abweichungen herrschen und jede einzelne derselben noch sehr der Vervollständigung bedarf.

Ich gebe im Nachstehenden die Resultate meiner eigenen Untersuchungen, und wenn auch überzeugt, dass gar manches derselben ebenfalls noch der Vervollständigung und Berichtigung bedürfen wird, glaube ich doch durch dieselben sowohl manche Lücke zu füllen, welche bis jetzt noch vorhanden gewesen, als auch manch neuen Baustein zu liefern, auf oder mit dem zur weiteren Erkenntniss des fraglichen Verhältnisses fortgearbeitet werden kann.

Wenn man Muskeln von Fliegen (Muscidae) untersucht, welcher Gattung dieselben auch angehören mögen, so wird man neben manchen Verschiedenheiten doch auch sehr viel Gemeinsames finden. Werden dieselben möglichst frisch dem dem Inneren des Thorax eingefügten Gelenkende der Beine entnommen und so rasch als möglich isolirt, was jedoch immer einen Zeitaufwand von einigen Minuten in Anspruch nimmt und bei aller Dexterität nicht im Handumdrehen zu machen ist, so zeigen sie in einer Kochsalzlösung von 1% bei ca. 500maliger Vergrösserung besehen, eine sehr deutliche, breite Querstreifung, aber nur eine sehr schwache und feine Längsstreifung. Die meisten von ihnen zeigen dunkle, axiale Bänder von Kernen und körniger Masse, manche bei veränderter Einstellung auch noch laterale Bänder, so dass sie durch dieselben wie in Parallelstreifen abgetheilt erscheinen, und nur äusserst wenige scheinen ganz ohne dieselben zu sein. Es sind das immer, wenn ich mich

nicht getäuscht habe, die schmalsten und dünnsten Bündel, während, wie das auf der Hand liegt, die mit mehreren Bändern ausgestatteten die breitesten und dicksten sind, so dass die ganze Einrichtung aller Wahrscheinlichkeit nach auf blosse Wachsthumsverhältnisse, vielleicht auf die Weissmann'sche Theilung zu beziehen ist.

Die Kerne der erwähnten Bänder sind von verschiedener Grösse und Form, bald mehr länglich, bald mehr rundlich, blass, und soweit ich selbst nach Anwendung von Liqu. Kali caustic. gesehen habe, stets mit mehreren Kernkörperchen versehen. Sie liegen in die erwähnte körnige Masse unregelmässig eingebettet, hier sparsam und zerstreut, dort zu Häufchen von drei, vier, fünf und darüber. Die körnige Masse aber besteht aus zwei deutlich trennbaren Elementen, grösseren, bläschenförmigen Körperchen und kleineren, mehr solid erscheinenden Kügelchen oder Körnchen. Sie beide scheint aber noch eine mehr flüssige, hie und da, wie es in aufgerissenen Muskeln den Anschein hat, fädige Substanz unter einander zu verbinden und diese scheint selbst da noch vorhanden zu sein, wo für gewöhnlich keine Kerne und Körnchen mehr zu sehen sind, d. i. zwischen den einzelnen Fibrillen.

Die Kerne und die sie einhüllenden Massen gehören nach den gang und gäben Auffassungen zusammen und stehen in dem Verhältniss von Zellenelementen, von Kern und Protoplasma zu einander. Nicht an Fliegen-, aber an andern Insekten-, an Käfer- und Raupen-Muskeln habe ich mich auf das Unzweideutigste überzeugen können, dass dies bis zu einem gewissen Grade auch wirklich der Fall ist, da ich in ihnen immer einzelne Kerne gefunden habe, die, aus ihren Verbindungen herausgelöst, von Protoplasmatheilchen umgeben waren, welche den intramuskulären Massen angehört hatten. Eine andere Frage aber ist die: sind alle diese Kerne gleichwerthig und sind alle Körper, welche zwischen ihnen liegen und ihr Protoplasma auszumachen scheinen, thatsächlich auch Elemente desselben, oder befinden sich nicht daneben auch noch Stoffe ganz heterogener Art, die blos ihrer delikaten Natur wegen wir nicht unterscheiden können, die wir aber als anwesend voraussetzen müssen, wenn wir auch nur ganz gelegentlich einmal einen Blick auf die physiologischen Vorgänge im Muskel werfen?

Von den meisten Autoren werden diese Kerne mit der dazu gehörigen Zwischensubstanz für Ueberreste des Muskelbildungsmateriales gehalten. Kühne hält sie für Ueberreste des Bildungs-

materiales der Muskel- und Muskelnervensubstanz, lässt es indessen dahin gestellt sein, ob diese schon in der Anlage getrennt seien, oder ob dieselben sich erst später differenziren. Nach andern Autoren bewegt sich in den Räumen, wo die Kerne liegen, auch der Ernährungssaft des Muskelbündels, und wie viel diesem von der Zwischensubstanz angehört und welche Formen auf sein Conto zu schreiben sind, das ist noch ganz ungewiss. Dass aber dieser Saft nicht gleichgültig ist für die Erscheinungsweise des Muskels, das geht daraus hervor, dass Muskeln eines gehetzten, ausgehungerten oder längst gestorbenen Thieres ganz anders aussehen, als die eines ruhig gehaltenen, gut genährten oder eben erst getödteten. Ich finde auch einen Unterschied in den Muskeln curarisirter und strychninisirter Thiere, will aber nicht näher darauf eingehen, weil die Angelegenheit nicht nothwendig hierher gehört. Jedenfalls aber wollen wir festhalten, dass die Kerne mit ihrer Zwischensubstanz nicht Körper ein und derselben Kategorie sind, sondern, dass Körper verschiedenen Charakters zu der grossen Masse, welche sie bilden, sich vereinigt haben, wenn wir zur Zeit auch noch ausser Stande sind, durch das Mikroskop ihre Verschiedenheiten nachzuweisen.

Wenn man nun solche mit Kernen und Körnchen reichlich ausgestatteten Muskelbündel genauer besieht, zumal bei abgedämpftem Lichte, und nachdem man sie vielleicht noch mit $^1/_2\,\%$ Essigsäure oder $^1/_{10}$—$^1/_5\,\%$ Salzsäurelösung behandelt hat, wodurch sie sich sehr langsam und nur wenig klären, so entdeckt man ausser den beschriebenen Reihen von Kernen und Körnchen in ihnen neben einer Menge vereinzelter Kerne auch noch eine ganze Anzahl anderer Kernreihen. Dieselben sind aber viel kürzer, liegen anscheinend zwischen oder neben den Hauptreihen, sind aber bald deutlicher, bald weniger deutlich zu sehen und demnach in verschiedener Tiefe gelegen. Sie haben mit den Hauptreihen bald dieselbe Richtung, bald schlagen sie eine mehr schräge ein, oder erscheinen auch hie und da einmal ziemlich quergestellt. Alle diese Kern- und Körnchenreihen, welche der Kürze wegen hinfüro schlechtweg als Kernreihen bezeichnet werden sollen, scheinen danach vielfach unter einander verbunden zu sein und ein Netz darzustellen, welches das Muskelbündel in allen Tiefen und nach allen Richtungen durchzieht und seine Primitivfasern mittelst der mehr flüssigen Bestandtheile unter einander in Connex bringt. Dass etwas ganz Gleiches, wenn

auch nicht so in die Augen springend, auch bei den weniger kern- und körnchenreichen Muskeln vor sich geht, davon kann man sich durch sorgfältige und wiederholte Betrachtung derselben überzeugen. Dass das Nämliche endlich aber auch bei denen geschehen muss, welche ohne alle solche Bestandtheile zu sein scheinen, liegt auf der Hand, wenn es auch noch nicht gerade strikte zu erweisen ist. Es werden sich hier, wie in den meisten Fällen, wo man genauer zusieht, nur erst vereinzelte Kerne finden und aus diesen dann jene Reihen sich bilden, welche, wie erwähnt, mit dem Wachsthum d. i. der Vermehrung der Primitivfaser in Zusammenhang stehen.

Für die uns beschäftigenden Untersuchungen sind die anscheinend kernlosen, dünnen, blassen Fasern als wahrscheinlich unfertige Gebilde ganz unbrauchbar. Die geeignetsten sind die dicken, breiten Muskeln mit zahlreichen Kernreihen. An sie wollen wir uns desshalb auch vornehmlich halten.

Wenn man an ausgewählten Muskelbündeln nach dem Nerveneintritt sucht, wird man nach einigem Zeitaufwande und einiger Geduld immer etwelche finden, an denen er in überraschender Klarheit zur Anschauung kommt, und wenn man sich das Charakteristische der Erscheinung eingeprägt hat, wird man danach, mit zu Hülfenahme einiger Deutung, ihn in minder bestimmter Weise an einer unverhältnissmässig viel grösseren Anzahl auch noch zu sehen bekommen, aber vergebens ihn bei allen suchen. Es existiren da Verschiedenheiten, auf die Kühne schon aufmerksam gemacht hat, die aber noch nicht im Geringsten erklärt sind und zu deren Erklärung ich für jetzt auch nicht viel beitragen kann. Nachdem sich der betreffende Nerv in mehrfache Aeste getheilt hat, sieht man den einen oder den anderen dieser letzteren mit einer Anschwellung von wechselnder Gestalt und Grösse bald in Form einer Knospe oder einer phrygischen Mütze, eines Kegels oder auch bloss einer Papel, eines kaum bemerkbaren Knötchens an den Muskel herantreten. Dabei geht der äusserste Contour des Nerven in den äussersten Contour des Muskels über, d. h. wenn es vorhanden ist, sein Neurilemma in das Sarkolemma dieses. Doch bin ich nicht sicher, ob diese beide Häutchen immer gegeben sind, oder ob nicht sehr oft auf eine andere Weise, namentlich Leydig's Cuticularbildung, der Zusammenhalt des Muskelbündels bewerkstelligt wird. — Indessen das soll nur eine ganz gelegentliche Bemerkung sein, auf die ich hierbei kein grosses Gewicht legen will, die aber, sollte sie sich

noch mehr bewahrheiten, die Verhältnisse ganz denen anpassen würden, welche uns Doyère und Greeff von den Arctiscoiden kennen gelehrt haben, trotzdem hier quergestreifte Muskelfasern vorhanden sind. Aber auch wenn wir dieses noch zweifelhafte Factum nicht annehmen und an der herrschenden Lehre, dass jedes quergestreifte Muskelbündel ein Sarkolemma und jeder zu einem solchen tretende Nerv sein Neurilemma, die bekannte Schwann'sche Scheide habe, was ja gerade für die von uns ausgewählten Muskeln und Nerven auch kaum zu bezweifeln sein dürfte, so kommen wir doch zu ganz denselben Resultaten. Denn wenn, da der äusserste Contour des Nerven in den äussersten Contour des Muskelbündels ohne jede Unterbrechung übergeht, wie sie doch durch eine mehr oder weniger deutliche kreisförmige, elliptische oder sonst wie in sich zurückkehrende Linie angedeutet sein müsste, was aber durchaus nicht der Fall ist, mag man auch dazu thun, was man wolle, z. B. durch Säuren oder Alkalien das Muskelbündel erst zum Quellen und dann wieder zum Schrumpfen bringen, so folgt daraus, dass eben das Neurilemma, die Schwann'sche Scheide, in das Sarkolemma übergeht und der Axencylinder, welcher in die beschriebene Anschwellung übergeht, in den Sarkolemmaschlauch eindringt und somit an dem Inhalte desselben, der Muskelsubstanz, endet. Wir kommen damit zu denselben Resultaten, zu denen Kühne gekommen ist, dass nämlich, indem der Nerv an das Muskelbündel herantritt, sein Neurilemma in das Sarkolemma dieses übergeht und sein Axencylinder sich in einer Anschwellung verliert, welche unter dem Sarkolemma, also intramuskulär, gelegen ist und die er eben den Doyère'schen Hügel genannt hat.

Allein ausser dieser Endigungsweise einzelner Nervenäste wird man bei sorgfältiger Nachforschung noch eine andere entdecken, wenn man nämlich von ihr als einer solchen reden will. Einzelne sehr feine Fädchen nämlich, welche sich von dem Hauptstamme getrennt haben, treten an das Muskelbündel heran und verlieren sich an ihm, ohne dass es möglich wäre, zu erkennen, wie? So viel aber, glaube ich, lässt sich doch sagen, dass etliche ihrer in querer Richtung aber vorerst unregelmässig über dasselbe Bündel hinlaufen und es stellenweise so zusammenschnüren, dass namentlich nach Wasserzusatz oder Behandlung mit sehr verdünnten Säuren es varikös erscheint. Dass Tracheen, die hierbei eine Rolle spielen könnten, mir keinen Streich gespielt haben, darüber glaube ich mich, soweit

es bei diesen subtilen Objecten möglich ist, vergewissert zu haben. Ich glaube desshalb, dass ausser den Doyère'schen Hügeln es auch noch eine zweite Art der Nervendigung im Muskelbündel der Fliegen gebe, die vorläufig allerdings nicht näher bestimmt werden kann, die aber allem Anscheine nach nicht innerhalb, sondern ausserhalb desselben d. i. auf seiner Oberfläche erfolgt.

Was nun aber den Doyère'schen Hügel im Besonderen betrifft, so wird man denselben immer von einer lichten Masse und wenigstens einem mit mehreren Kernkörperchen ausgestatteten Kerne erfüllt finden. Die lichte Masse hat ein ziemlich homogenes, allenfalls etwas körniges Aussehen. Hie und da ist sie leicht opalisirend und immer nimmt sie den obersten Theil des Hügels ein, zieht sich aber bisweilen von ihm aus über der contraktilen Substanz noch eine mehr oder minder erhebliche Strecke weit an der Oberfläche resp. dicht unter dem Sarkolemma hin. Der Kern liegt stets am Fusse des Hügels und um ihn herum, sowie unter ihm liegen dann weitere Kerne. Dieselben sind in den tieferen Partien zu Reihen angeordnet und durchsetzen die Muskelsubstanz in querer oder schräger Richtung, um mit den im Inneren derselben verlaufenden Kernreihen in Verbindung zu treten. Kurzum es verhält sich im grossen Ganzen ebenfalls, wie Kühne angegeben hat, nur dass ich noch immer in dem Hügel jene ziemlich homogene Masse an seiner Spitze angehäuft finde, welche Kühne selbst zwar nicht gesehen hat, aber nach den in dieser Beziehung bereits von Engelmann gemachten Angaben, als doch nicht unwahrscheinlich zugiebt. — Welcher Natur diese Substanz ist, wage ich nicht zu entscheiden. Sie ist, wofür auch Engelmann's Angaben sprechen, ausserordentlich quellungsfähig. Schon in 1% Kochsalzlösung bläht sie sich etwas auf, viel mehr aber auf Zusatz von Säuren oder Alkalien, und sind desshalb diese Ingredienzien sehr geeignet, in zweifelhaften Fällen die Anwesenheit des Doyère'schen Hügels überhaupt zu erweisen. Nach Kühne's anderweitigen Ansichten würde sie die eigentliche Endausbreitung des Axencylinders darstellen; allein da sie sich nach Anwendung von Säuren oder Alkalien auch in den tieferen Schichten des Hügels zeigt und zwar der Art, dass, wie ebenfalls schon Engelmann angegeben hat, die vorhandenen Kerne wenigstens zum Theil von ihr umgeben erscheinen, so dürfte sie doch mit diesen in einem innigeren Zusammenhange stehen, als nach jener Ansicht es möglich wäre. In einem Falle hatte ich Ge-

legenheit, das Aufplatzen eines Doyère'schen Hügels und das Austreten seines Inhaltes zu beobachten. Mit diesem kam auch ein Kern heraus. Derselbe war auch scharf contourirt, hatte ein einziges sehr deutliches Kernkörperchen und war in eine ovale, aber undeutlich begrenzte, mattgraue und wie mit Pünktchen bedeckte Masse eingebettet. Von derselben ging ein kurzer, dicker Faden ab und verband sie mit einer gleich aussehenden und ähnlich gebildeten Masse, in der aber ein nur sehr undeutlich erkennbarer Kern lag (Fig. 1 a.). Ich bin desshalb geneigt, die fragliche Masse als einen Theil der internuclearen Substanz, welche wir oben näher betrachtet haben, anzusehen und sie als einen Theil des Protoplasmas aufzufassen, das den Kernen des Doyère'schen Hügels eigen ist. Durch dieses Protoplasma verbinden sich danach überhaupt die Kerne unter einander und geschieht auch endlich der Contakt mit der eigentlichen Muskelsubstanz. Dabei ist aber gar nicht gesagt, dass alle Kerne, die in einem Muskelbündel vorkommen, auch nothwendig zu einander gehören und damit Elemente der nervösen Bestandtheile des Muskels seien, sondern dass nur einem Theile derselben diese Qualität zukomme, ebenso wenig, wie wir das von den übrigen interstitiellen Massen, den Bläschen, Körnchen und den mehr flüssigen Substanzen behauptet haben, von welchen wir sahen, dass ein Theil wohl sogar als ein in seiner Zusammensetzung wohl sehr verschiedenes Material, nämlich Ernährungsmaterial, wird angesehen werden müssen.

Vermöge der zuletzt angegebenen Eigenschaften des Doyere'schen Hügels ist er auch da noch aufzufinden, wo sonst die Verhältnisse seinem Erscheinen nicht günstig sind. Die Formen, unter denen er sich nach unserer oben gegebenen Darstellung zeigen soll, hat er nur, wenn er gerade am Rande eines Muskelbündels liegt. Das ist aber keinesweges, wie man sich schon denken kann, so überaus häufig. Das einzelne Muskelbündel müsste ja dann von ihnen beinahe übersäet sein und gegentheilige Angaben halte ich geradezu für irrig. Sie sind wahrscheinlich hervorgegangen aus einer Verwechselung der Doyère'schen Hügel mit buckelförmigen Hervorragungen des Muskelrandes, bedingt durch Einschnürung von Seiten sehr feiner Tracheen oder oberflächlich verlaufender Nervenfasern. Bei Weitem am häufigsten liegen die Hügel gerade über oder gerade unter dem Muskelbündel und da verräth meist nur ein hellerer, gewöhnlich kreisrunder Fleck, der halbmondförmig von

einem dunkleren Rande eingefasst wird und in seinem Inneren einen Kern enkennen lässt, seine Anwesenheit (Fig. 1 *a*). Bisweilen kann man auch noch den zuführenden Nerven erkennen, aber selten ist dies wenigstens für mich der Fall gewesen. Der helle Fleck ist der Ausdruck der lichten Masse, welche den oberen Theil des Doyère'schen Hügels ausfüllt, der halbmondförmig ihn umgebende Rand ist der Contour seines Längsschnittes und dass darüber kein Zweifel bleibt, lehrt eben, wenn das Glück gut ist, der zutretende Nerv, dessen Ränder in diesen Contour übergehen und damit das ganze Gebilde als eine Falte erkennen lassen, in der die Nervenmasse steckt (Fig. 4 A. f.).

Ganz ähnlich den Verhältnissen bei den Muscidae liegen auch die bei den übrigen Insekten. Doch kommen je nach den Klassen, Familien und selbst Gattungen auch eine Menge Verschiedenheiten vor und müssen diese berücksichtigt werden, wenn überhaupt die vorliegende Frage zur Lösung gebracht werden soll.

Sehr wenig geeignet zu ihrer Entscheidung fand ich aus der Klasse der Dipteren die Cuculidae und Tipulidae, weil dieselben so leicht zerfliessliche Muskeln haben, dass schon die einfache Isolirung in 1% Kochsalzlösung sie in ihre sonst starren Primitivfasern und eine Menge interstitieller Körnchen zerfliessen macht. Ganz dasselbe fand ich auch bei den von mir untersuchten Neuropteren, Ephemera und Hemerobius. Um sie einigermassen handhaben zu können, musste ich concentrirtes Zuckerwasser oder, was noch besser war, Hühnereiweiss nehmen. Ersteres aber wirkte auch schon nach kurzer Zeit sehr verändernd ein, und bei letzterem ist überhaupt der Uebelstand vorhanden, dass man es nicht immer zur Hand hat. Etwas Zuverlässiges erreicht aber habe ich weder durch die eine noch durch die andere Behandlungsweise. — Ueberaus abweichend von den übrigen Insektenmuskeln fand ich die von Scolopendra. Sie neigten ganz und gar zu den Eigenthümlichkeiten derer der Crustaceen hin, und sollen desshalb auch bei diesen noch ihre besondere Erwähnung finden. Es war das um so merkwürdiger, als die Muskeln des nahe verwandten Julus nichts davon zeigten, sondern vollständig den Typus derer der Insekten bewahrt hielten. — Sehr auffallend ist, wie man sich das freilich von vornherein denken kann, das Verhältniss der Muskeln der Larven zu denen des ausgebildeten Insektes; doch dürfte auch gerade durch dieses mancher wesentliche Beitrag zur Klärung der ganzen Frage

überhaupt geliefert werden. Endlich macht sich sehr bemerkbar der Unterschied zwischenden Thorax- und Gliedermuskeln; doch ist derselbe durchaus nicht so gross, als manche Autoren behauptet haben und bei sorgfältiger Beobachtung wird man, wie verschieden sie auch auf den ersten Anblick aussehen mögen, dennoch dahin kommen, dass sie ganz nach demselben Typus gebaut und denselben Verhältnissen, wenn auch in etwas anderer Weise und Vertheilung unterstellt sind.

In den Muskeln mancher Hymenopteren, Sirex, Vespa (Crabro), Apis, Bombus, sowie mancher Lepidopteren, Vanessa, Pontia, Liparis, Zerene kam es mir vor, als ob die Kerne nur sparsam wären und die interstitiellen Bläschen und Körnchen ganz und gar überwögen. Sehr oft schienen sie allein die Zwischenräume zwischen den einzelnen Fibrillen auszufüllen und kaum noch Raum für einen einzigen Kern zu lassen. Dennoch habe ich mich von dem steten Vorkommen dieser letzteren bei genauer Durchsicht selbst in den Thoraxmuskeln überzeugen können und glaube, dass man allerdings bei der einen Gattung öfter, bei der anderen weniger oft, bei dem einen Thiere leichter, bei dem anderen schwerer, namentlich aber in aufgerissenen Muskeln zwischen den Fasern hier und da immer etwelche wird finden können. Das Alter der Thiere und ihr Verhalten in der letzten Zeit sind dafür vielleicht nicht ohne Belang. Diese eben erwähnten Kerne sind nun stets rundlich, blass, von Protoplasma umgeben und mit 2—3 oder noch mehr Kernkörperchen ausgestattet und liegen bald mehr, bald weniger zerstreut zwischen den interstitiellen Körnern in allen Tiefen des Muskels.

Bei anderen Hymenopteren und Lepidopteren, z. B. den Myrmicidae und Tineidae traten dagegen die Kerne viel zahlreicher hervor, und wenn man auch immer noch sagen musste, dass im Allgemeinen die Körnchen und Bläschen vorherrschten, so lagen sie doch hie und da sogar gehäuft. Wenn auch nicht gerade in so deutlichen, fast perlschnurartigen Reihen, wie bei den Fliegen, so lagen sie doch auch nicht selten zu 4 und 6 hinter einander. Die Kerne aber waren sehr klein, im Uebrigen jedoch denen anderer Thiere ganz analog, blass, rundlich, oft von Protoplasma deutlich umgeben und stets mit mehreren Kernkörperchen ausgerüstet.

Bei den Coleopteren überwiegen dagegen im Ganzen wieder die Kerne über die Körnchen und deren Begleiter, die Bläschen; ja sie treten manchmal, wie bei den Fliegen, dicht gedrängt als auffälligster

Bestandtheil der axialen und paraxialen Reihen auf. Doch kommt mitunter auch das Gegentheil vor und die Kerne müssen gesucht werden. Dieselben — untersucht wurden Carabus, Amara, Geotrupes, Rhagium — sind verhältnissmässig gross, aber wie bei den früher genannten Gattungen anderer Familien blass, doch ebenfalls stets mit mehreren Kernkörperchen versehen und von Protoplasma umgeben (Fig. 2 a.). Letzteres scheint oft mit dem eines benachbarten Kernes verschmolzen zu sein und leicht mit einer Materie zu verkleben, welche die einzelnen Primitivfasern des Muskelbündels umhüllt und insbesondere nach der Behandlung mit Gold auf denselben als ein schwärzlicher, krümlicher Niederschlag erscheint, indessen auch schon im einfachen Serum- oder Kochsalz- (1%) Präparate zur Beobachtung kommt. Es isoliren sich nämlich in diesen die Primitivfasern in grosser Vollkommenheit und lassen zwischen sich die beschriebenen Körnchen und Bläschen (?) in grosser Menge frei werden, aber mit ihnen auch eine mehr zusammenhängende, beinahe körnig-faserige Masse und die erwähnten Kerne, welche vielfach mit ihr zusammenhängen. Schon unter gewöhnlichen Verhältnissen sieht man diese letzteren beiden vielfach den Fibrillen anhaften, noch bestimmter aber beobachtet man dies nach Zusatz von Essigsäure. Die körnig-faserige Masse wird danach deutlicher. Die Kerne treten schärfer hervor und zeigen sich selbst da noch, wo man vorher kaum einen Schatten von ihnen entdeckte, und ohne dass man einen eigentlichen Niederschlag auf die Fibrillen wahrgenommen hätte, erscheinen diese nunmehr bisweilen wie von einem Mantel von Krümeln und Fädchen bedeckt, denen je nachdem, hier häufiger, dort sparsamer die Körnchen und Kerne anhaften (Fig. 2 b. und c.).

Diese krümlich-fädige oder körnig-faserige Masse, welche allem Anscheine nach ein Gerinnungsprodukt ist, kommt am häufigsten in den Muskeln vor, welche sich durch einen Mangel an Kernen und einen Reichthum an Körnchen und Bläschen auszeichnen. Sie ist desshalb auch ganz besonders verbreitet in den Thorax-Muskeln und macht zeitweilig deren Primitivfasern ganz rauh aussehen. Welche Bedeutung sie hat, ist völlig unbekannt; aber nicht gleichgültig ist dass sie einen Theil der internucleären Substanz bildet und als solche mit den Fibrillen in der innigsten Berührung steht. Selbstverständlich ist diese Masse nicht bloss ein Attribut der Käfermuskeln, sondern kommt auch den Muskeln der übrigen Insekten zu.

Sehr entwickelt traf ich sie unter anderen bei den grösseren Hymenopteren und Lepidopteren. Sie ist aber wohl überall vorhanden.

Der Nerveneintritt in den Muskel ist bei den meisten ausgebildeten Insekten nur sehr schwer zu erkennen. Die letzten Nervenäste sind bei ihnen ausserordentlich zart und fein und werden desshalb leicht übersehen, zumal die Tracheen sich als sehr störende Elemente zwischen sie mengen. Dazu kommt, dass die Muskeln, besonders des Thorax grösserer Thiere, da sie aus dicken, derben Primitivfasern zusammengesetzt sind, sehr dunkel aussehen und nur wenig in ihrem Inneren erkennen lassen, dass ferner der Doyère'sche Hügel selten stärker entwickelt ist, meist ganz flach erscheint und erst nach Zusatz von Reagentien sichtbar wird, dass endlich noch derselbe zumeist dicht neben dem Eintritte der weiten und schwärzer gefärbten Tracheen in den Muskel liegt und desshalb öfters vollständig durch diese verdeckt wird, so dass er erst nach mannigfachen Manipulationen, Druck auf das Deckgläschen, Verschieben des Deckgläschens u. dgl. m., was Alles aber dem Präparate nicht günstig ist, zu Gesichte kommt. Doyère'sche Hügel, so gross und auffällig, wie die von den Fliegen gezeichneten (Fig. 1), kommen nur ausnahmsweise vor und habe ich nur bei Fliegen, vereinzelt bei Bienen und Hummeln gefunden, allenfalls, wenn man die übrigen Verhältnisse berücksichtigt, auch noch bei den Ameisen.

Sehr erleichtert jedoch wird das Auffinden der Doyère'schen Hügel durch das Contraktionsphänomen des Muskelbündels. Denn dieses kommt immer zuerst in der Nähe desselben zu Stande, ja bleibt eine Zeit lang nach dem Tode nur auf diese beschränkt und bewirkt dadurch, dass man in ein und demselben Bündel contrahirte dunkle Stellen mit relaxirten hellen abwechseln sieht. Wenn man nun in einer der contrahirten Stellen genau nachspäht, vielleicht dabei noch auf die verschiedenen Verhältnisse besonders Acht giebt, wird man auch wohl immer den Doyère'schen Hügel und an ihm haftend ein freies Fädchen, den Nerven, finden. Ganz besonders deutlich zeigten mir dies die Muskeln von Geotrupes und Yponomeuta, da dieselben über eine viertel Stunde nach dem Tode noch Contraktionen machten und selbst noch nach Zusatz von Salz- und Essigsäure sie über mehrere Minuten hinaus fortsetzten, obgleich sie selbst sich bereits sehr geklärt hatten und ihre Kerne wenigstens dem grössten Theile nach schon sehr zusammengeschrumpft waren.

Nicht selten indessen passirt es trotz alles Bemühens, dass man dennoch zu keinem rechten Resultate gelangt. Der Doyèresche Hügel ist aldann ungemein klein, kaum durch eine Hervorragung markirt und der zuführende Nerv so dünn und schmächtig oder so merkwürdig verästelt, dass man über seine Natur nicht ins Klare zu kommen vermag. (Fig. 3a u. 4 A a u. b.) Man ist und bleibt unentschieden darüber, ob man es mit feinsten Trachealverästelungen (3 b 4 A c u. d), oder mit den nervösen Endapparaten zu thun hat. In solchen Fällen hat mir die Behandlung des Präparates mit Chlorgoldnatrium und Essigsäure gute Dienste geleistet. Nachdem eine diluirte Lösung jenes eine viertel oder halbe Stunde eingewirkt hatte, wurde Essigsäure zugesetzt. Die bereits röthlich gefärbten Muskelfasern quollen danach mächtig auf, weil wegen der kurzen Einwirkung des Chlorgoldes noch keine Härtung stattgefunden hatte, und die interfibrillären Kerne und körnigen Massen erschienen um so schärfer, als sie sich bereits mit bräunlichen oder schwärzlichen Krümeln des reducirten Goldes imprägnirt hatten. Die axialen und paraxialen Kernreihen schienen danach in tiefen breiten Spalten zu liegen und die vereinzelten Kerne machten den Eindruck, als ob sie in strahligen Hohlräumen sich befänden, welche öfters unter einander kommunicirten und hie und da auch mit den Längsspalten in Verbindung ständen. Die zweifelhaften Nervenendapparate aber hoben sich jetzt auch deutlich ab und dort, wo vorher kaum eine Spur von Hervorragung zu bemerken gewesen, da trat jetzt ein deutlicher Kegel, eine grössere Kuppe zu Tage. In dieser lagen dann ein oder mehrere Kerne und um sie eine von dunkeln Krümeln durchsetzte Masse, das von reducirtem Golde impragnirte, sonst mehr hyalin erscheinende Protoplasma derselben. Kernreihen in mehr querer oder mehr schräger Richtung verbanden den Doyèreschen Hügel mit den im Inneren des Muskels vorhandenen Kernen und so kam selbst unter schwierigen Verhältnissen noch ein Bild zur Erscheinung, das sonst nur in den gelungensten Präparaten gefunden wurde. (Fig. 4 A u. B.)

Zu bemerken ist noch dabei, dass die zuführenden Nerven durch das Gold in so kurzer Zeit kaum verändert werden. Sie unterscheiden sich darum nur wenig von den feinsten Tracheen, und Verwechselungen mit denselben sind fortwährend möglich. Die feinsten Tracheen treten aber gleich dichotom sich theilend in den Muskel ein und wiederholen diese Theilung in ihm, sind trotz aller Zartheit

doch immer starrer als die Nerven und haben deshalb an ihren Endigungen, welche meistentheils in der Nähe der Kernreihen erfolgen, etwas Wimperartiges. (Fig. 3 b u. 4 c u. d.) Die Nerven hingegen verlieren sich bereits an der Muskeloberfläche, und was sie ganz besonders charakterisirt, immer in der Nähe eines grösseren Kernes, der vornehmlich nach Essigsäure deutlich wird. (Fig. 3 a. 4 A a. b. f.) Wo man diesen nicht findet und keinen anderen Anhalt hat, darf man wenigstens nach meinen Erfahrungen auch niemals behaupten, einen Nerv vor sich zu haben, sondern wird gut thun, sein Urtheil in suspenso zu lassen.

Auch Kali und Natrum causticum sowie Oxalsäure leisten gute Dienste zur Entscheidung der letztbesprochenen Angelegenheit. Namentlich wird die Trachealverästelung, durch welche immer sehr starke Einschnürungen des Muskelbündels erfolgen, nach ihnen sehr deutlich und kann durch längere Zeit studirt werden. (Fig. A u. B c. d.) Doch zeigen auch sie die nervösen Elemente wenigstens in einem gewissen Zeitpunkte in grosser Klarheit. Zuweilen sieht man da mehrere Hügel dem Anscheine nach an einer einzigen Faser. Doch dürfte das nur dadurch bedingt sein, dass diese sich kurz vor ihrem Eintritte in mehrere Aeste theilt. Ein anderes Mal sieht man mehrere Fasern zu nur einem Hügel treten und dieser sieht dann wie aus mehreren Plaques zusammengesetzt aus. Solche Plaques sind in einzelnen Muskeln nur sehr klein und ihre Verbindungen schmal. Es sieht dann aus, als ob Netze ausgebreitet wären. In andern Muskeln sind diese Verbindungen breit und das Sarkolemma scheint dann von der Muskelsubstanz durch eine fremdartige Masse abgehoben zu sein. (Fig. 3 a.) Kurzum es zeigt sich da eine grosse Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und vorzugsweise habe ich sie bei den Käfern getroffen, vielleicht aber blos darum, weil ich diese am sorgfältigsten darauf untersucht habe.

Die Silbermethode erwies sich mir nicht besonders nützlich. Doch stimmten die durch sie erhaltenen Bilder im Wesentlichen mit den durch die übrigen Methoden gewonnenen überein.

Bei den Larven der Insecten, insbesondere bei Raupen, welche am bequemsten zu haben sind, liegt die Sache vielfach anders. Die Muskeln sind äusserst zart, blass, beinahe glasig durchscheinend. Ihre Querstreifung ist schwach und fein und ihre Längsstreifung oftmals nur angedeutet oder blos durch zahlreiche Spalten und Zerklüftungen gebildet, durch welche die sonst sehr breiten Muskeln

in Längsbändel getheilt werden. Die Muskelkerne sind sehr gross, mit mehreren Kernkörperchen versehen und mit einem Hofe körnigen Protoplasmas umgeben. Sie liegen in Reihen, in kleineren oder grösseren Häufchen, in letzterem Falle stets dicht unter dem Sarkolemma und sind vielfach durch Protoplasmazüge unter einander verbunden, so dass das Muskelbündel wie von einem kernhaltigen Protoplasmanetze umhüllt und durchsetzt erscheint. (Fig. 5.)

Der Nerveneintritt ist sehr deutlich zu sehen, namentlich nach Zusatz von Säuren. Das erwähnte Protoplasmanetz quillt danach mächtig auf, hebt das Sarkolemma unregelmässig ab und verleiht dadurch dem Muskel an den Stellen, wo es am mächtigsten liegt, ein varikoses Aussehen. Mit solchen Varikositäten, die bald mehr vereinzelt sind, wie bei Zerene, und dann den grossen Doyèreschen Hügeln der Fliegen gleich zu erachten sind, bald mehr gehäuft liegen, wie bei Pontia, so dass sie warzige Plaques bilden, stehen die Nerven in Verbindung. Diese sind Anfangs sehr breit, vielfach verzweigt, längsstreifig, mit Kernen und Körnchenreihen zwischen ihren Elementen, werden aber in der Nähe des Muskels schmaler, mehr homogen und glasig durchscheinend und verschmelzen zuletzt mit dem Protoplasmanetze so vollständig, dass gar keine Grenze zu erkennen ist. Und das geschieht dadurch, dass das Neurilemma in das Sarkolemma und der Axencylinder in das Protoplasma übergeht, ohne erkennen zu lassen wie?

Bisweilen sieht man bei älteren Raupen (Pontia) und derberen Muskeln derselben von der Eintrittsstelle des Nerven aus Fäden und Bänder über oder in dem Muskel hin zu anderen Gegenden ziehen und vielfach sich zu einem abseits gelegenen Kernhäufchen begeben, um an diesem sich zu verlieren. Es sind das offenbar Nerven, welche von dem Hauptnervenstamme abtreten um anderwärts dieselben Dienste zu verrichten, wie dieser an seinem Eintritte. Manche von diesen Nervenästen verlieren sich aber auch nach längerem oder kürzerem Verlaufe, nach einmaliger oder mehrmaliger Theilung ohne eine bestimmte Endigungsweise erkennen zu lassen. Wenn diese Nervenäste um ein Muskelbündel herumgehen, schnüren sie es ein, hauptsächlich wenn Säuren oder Alkalien es haben aufquellen lassen; aber ob diese Bänder über dem Sarkolemma liegen oder nicht in demselben hinziehen, ist dadurch nicht zur Entscheidung zu bringen.

Welch ein Unterschied zwischen diesen Erscheinungen und den

analogen am ausgebildeten Falter! Hier sehr zarte, blasse und durchsichtige, dabei breite und durch Längsspalten vielfach zerklüftete Muskeln, dort kräftige, dunkle, mehr oder weniger undurchsichtige und dazu verhältnissmässig schmale und consolidirtere Bündel; hier zum Theil wenigstens dicke, derbe, sehr nahe gelegene Nervenstränge, dort zumeist dünne, zarte, spärliche Fädchen, deren Natur noch viele Zweifel lässt; hier anscheinend sehr entwickelte, grosse Doyèresche Hügel, welche öfters als mächtige Plaques erscheinen, dort kaum wahrnehmbare Erhebungen derselben, die nicht selten erst nach entsprechenden Reagentien ihr zweifelhaftes Dasein verrathen; hier ferner zahlreiche grössere Kerne, umgeben von einem charakteristischen Protoplasma, dort nur ganz vereinzelte grössere Kerne und statt des Protoplasma eine Menge von Bläschen, Körnchen, Pünktchen etc., welche die gesammten interfibrillären Spalten ausfüllen. Alles deutet so sehr auf Umwandlungen durch Auseinanderrücken, durch Dehnung und Theilung, dass es kaum einer weiteren Begründung bedürftig erscheint; aber es erklärt uns auch dadurch so manche Verschiedenheiten, welche wir vorgefunden haben und die uns sonst mehr oder weniger als Räthsel erscheinen müssten. Vor Allem gehört nach unseren Zwecken hierher der Umstand, dass es Muskelbündel giebt mit verhältnissmässig zahlreichen und kräftig entwickelten Doyèreschen Hügeln und solche, in denen wir dieselben nur vereinzelt und gewissermassen rudimentär finden. Jene Muskeln aber dürften wohl solche sein, welche schon von Anfang an ihren besonderen Nerven hatten und ihn direkt von einem Hauptstamme her empfingen; diese dagegen möchten vielleicht solche sein, welche erst durch Theilung hervorgegangen sind und bis zu ihrem Selbstständigwerden durch die feinen Fäden versorgt wurden, welche wir bei der Raupe z. B. von den als solchen erkennbaren Doyèreschen Hügeln über, in oder unter dem Sarkolemma zu Kernanhäufungen verlaufen sahen, welche in ganz anderen Regionen des schon in viele Abtheilungen gespaltenen Muskelbündels lagen.

Wo und wie man nun aber den Doyèreschen Hügel entdeckt haben mag, immer wird man ihn in der Weise aufgebaut finden, wie er von den Fliegenmuskeln her uns bekannt geworden ist. Am Boden einer ziemlich homogenen oder etwas körnigen Masse, welche zwischen eigentliche Muskelsubstanz und Sarkolemma bald mehr circumscript bald in grösserer Ausdehnung eingefügt ist, liegt zum Mindesten ein Kern und von diesem aus lassen sich in geeigneten

Präparaten ganze Reihen von Kernen zu den mehr im Innern des Muskels gelegenen verfolgen. Wo nur sparsame Kerne in einem Muskel vorhanden sind, ist das allerdings nicht möglich, aber es wird da wohl der Schluss gerechtfertigt sein, dass es sich auch bei ihnen nicht anders verhalten könne, und dass nur andere Gebilde an die Stelle derselben getreten seien, um ihre scheinbaren Funktionen zu übernehmen. Denn ob die Kerne an und für sich überhaupt etwas thun, ist ja eine noch ganz unentschiedene Sache. Der Eine glaubt es, der Andere glaubt es nicht, dass aber das Protoplasma unter allen Umständen etwas thut, wird von Niemandem bestritten. Wo viele Kerne dicht neben einander liegen, kann ihr Protoplasma nur sparsam sein, wo wenige Kerne weit auseinander liegen, getrennt durch Krümchen, Körnchen und Bläschen, werden wir daran denken müssen, zumal wenn die Entwickelungsvorgänge, welche wir kennen gelernt haben, dazu drängen, dass es ein verhältnissmässig massenreiches sei, und dass es sich auch bereits mannigfaltig differenzirt habe. Allein in beiden Fällen werden wir doch ihm vorzugsweise die entsprechenden Leistungen zuzuschreiben haben und nicht den Kernen, wozu vielleicht von vornherein eine gewisse Neigung bestehen möchte. Wir werden deshalb aber auch in den Muskeln mit wenigen Kernen das Hauptgewicht auf die internucleare Masse zu legen haben und demgemäss wieder der Körnchen und Bläschen führenden Substanz allein die Verbindung zwischen Doyère'schem Hügel und Muskelinnern zuerkennen müssen, gerade so wie wir das bei den Fliegenmuskeln mit ihren zahlreichen Kernen schon für diese gethan haben. Die fragliche, Kerne und Körnchen führende Masse verliert sich im Innern des Muskels zwischen seinen Elementen, den Primitivfasern desselben, und das Verhältniss zwischen Muskel und Nerv bei den Insekten, würde, soweit wir es bis jetzt genauer betrachtet haben, etwa folgendes sein:

Der Nerv verbindet sich mit dem Muskel vermittelst einer Anschwellung, dem Doyère'schen Hügel Kühne's. Dabei geht das Neurilemma in das Sarkolemma über und der Axencylinder löst sich in die Masse auf, welche als Doyère'scher Hügel das Sarkolemma von der contraktilen Muskelsubstanz abhebt. Diese Masse aber besteht aus einem kernhaltigen Protoplasma und verschmilzt mit dem mehr oder weniger differenzirten Protoplasma etlicher der zahlreichen oder sparsamen Kerne, welche in die Muskelsubstanz eingelagert sind. Dieses letzterwähnte Protoplasma verfeinert sich danach mehr und

mehr und verzweigt sich mit noch anderen, von der contraktilen Substanz verschiedenen Substanzen des Muskelinhaltes z. B. dem Ernährungsmaterial und Resten des Bildungsmaterials durch alle Lücken und Spalten, welche zwischen den Primitivfasern vorhanden sind und umgiebt schliesslich allem Anscheine nach diese wie mit einem Mantel, um so den Contakt des Nerven mit der Muskelsubstanz im engsten Sinne des Wortes zu einem ganz innigen zu machen.

Dieses Verhältniss gilt jedoch nur für die Nerven, deren Endigung wir bis jetzt genauer besprochen haben und die, wie das bereits von allen Seiten geschehen ist, als motorische betrachtet werden dürfen, weil an ihrer Eintrittsstelle nachweisbar Contraktionen auch dann ausgelöst werden, wenn sonst am ganzen übrigen Muskel keine zu beobachten sind. Wir haben aber noch andere Nerven kennen gelernt, zunächst bei den Fliegen, sodann aber auch bei den Raupen. Es sind das diejenigen, von welchen wir sahen, dass sie sich nach längerem oder kürzerem Verlaufe zumeist in mehr querer Richtung und nach vorgängiger Theilung oder auch blos allmähliger Verfeinerung über oder in dem Sarkolemma verlören ohne erkennen zu lassen wie? — Soche Nerven kommen sicher auch bei den übrigen ausgebildeten Insekten vor. Andeutungen von ihnen habe ich wiederholt gesehen. Bestimmtes vermochte ich aber nicht zu ermitteln, weil die sonstigen Verhältnisse, insbesondere die Tracheen störend waren und ein nahe gelegener Kern etc. als Kompass fehlte. Es sind das Fasern analog den von Greeff auch bei den Arctiscoiden beobachteten, die er als sensibele angesprochen hat. Auch ich glaube, dass es sensibele Fasern sind und zwar solche, die nicht blos das gemeine Gefühl, sondern zum Theil wenigstens auch das sogenannte Muskelgefühl vermitteln, also über den Contraktionszustand des einzelnen Bündels nach einem Centrum hin berichten. Diese Fasern liegen in dem Sarkolemma oder der entsprechenden Cuticula, endigen in demselben vielleicht frei, bilden vielleicht aber auch Netze, die ihrer Feinheit wegen nur bis jetzt noch nicht gesehen worden sind, gehen indessen in keine nachweisbaren Endapparate über. Und für ihren Zweck ist das vielleicht auch nicht nöthig. Die gemeinen Gefühle werden, wie die tagtägliche Erfahrung lehrt, schon durch die Läsion der Nervenstämme ausgelöst, ohne dass dabei irgendwelche qualificirenden Aufnahmeapparate thätig zu werden brauchten, und was das specifische Muskelgefühl betrifft, so werden auf Grund ihrer Lage

und ihres so häufig auch noch queren Verlaufes diese Nerven durch jede Contraktion gezerrt und der Grad der Zerrung, welchen sie erfahren und der von dem Contraktionsgrade des Muskels abhängig ist, bildet die Grundlage für das Gefühl von der Stärke des letzteren, d. i. das sogenannte Muskelgefühl selbst. Ob indessen für jede dieser beiden Formen der Gefühle besondere Fasern vorhanden sind, ob also in dem einen nur die Erregungen fortgeleitet werden, welche im Bewusstsein die gemeinen Gefühle hervorrufen, in den anderen blos die Erregungen sich fortpflanzen, welche eben daselbst zu Muskelgefühlen werden, das ist eine Frage, die sicherlich höchst interessant ist, vorläufig uns aber gleichgültig sein kann und für jetzt auch noch nicht annähernd zur Lösung gebracht werden kann.

* * *

Was uns die Insekten gelehrt haben, das lehren uns in viel höherem Grade und besser noch die Spinnen. Die Muskeln der von mir untersuchten, Tegenaria, Epeira, Phalangium, Gamasus sind viel klarer und im Allgemeinen auch fester, als die der meisten Insekten, namentlich der sonst so bequem zu erlangenden Thoraxmuskeln der Hymenopteren und Lepidopteren, und gestatten deshalb eine viel sorgfältigere Präparation und Isolirung als jene, ein Umstand, welcher schon an und für sich einen nicht zu unterschätzenden Vortheil darbietet. Ausserdem sind aber die Nerven dieser Muskeln caeteris paribus viel dicker und derber, und endlich, was ganz besonders sie vor denen der Insekten auszeichnet, sie haben zum grossen Theile keine Tracheen. Ganze Abtheilungen der Spinnen und zwar diejenigen, welche die grössten Thiere mit den entwickeltsten Muskeln umfassen, athmen bekanntlich durch Lungen; aber auch bei denjenigen, wo dies nicht der Fall ist, sondern Tracheenathmung vorhanden ist, verursachen die Tracheen selbst, wenn das Thier nur nicht zu klein ist, weniger Störung, als bei den Insekten, weil die übrigen Theile bestimmter ausgebildet sind. Phalangium hat mir sehr gute Resultate geliefert und nur bei den kleinen Gamasus (Fig. 6) blieb manches zu wünschen übrig, obgleich doch auch manches Andere wieder ganz bestimmt gesehen werden konnte.

Die Muskeln der Spinnen zeigen eine sehr deutliche Quer- und Längsstreifung und letztere ist um so mehr in die Augen springend,

als sie durch tiefere oder breitere Spalten bedingt wird. In allen Muskeln sieht man Reihen von Kernen, Bläschen, grösseren und kleineren Körnchen, welche der Hauptsache nach axial und paraxial angeordnet sind, aber durch Querbänder, wovon man sich auf zufällig erscheinenden Querschnitten überzeugen kann (Fig. 7.), unter einander in Verbindung stehen. Eine einzige axiale Kernreihe kommt nur in den ganz schmalen Muskeln vor. Alle breiten Muskeln führen mehrere Kernreihen, also auch paraxiale. Die auf dem Durchschnitte erkannten Querbänder sind von verschiedener Breite, gewöhnlich kernlos, doch ab und zu auch mit solchen versehen und durch feine Ausläufer gezackt oder gewimpert. (Fig. 7. a.) In Verbindung mit Durchschnitten der axialen Bänder stellen sich sternförmige Figuren der verschiedensten Art dar und veranschaulichen somit dies gröbere Kanalsystem, das die einzelnen Muskelbündel durchzieht. — Die Kerne sind gross, ziemlich dunkel gerandet, unregelmässig rundlich-oval, mit mehreren Kernkörperchen, von denen eines öfter durch seine Grösse ausgezeichnet ist, und von einem sehr deutlichen Protoplasmaringe umgeben. Dieses Protoplasma erscheint fädig-körnig und zeigt bei Tegenaria und Epeira schon in einer 1% Kochsalzlösung eine deutlich körnig-faserige Textur und eine baumförmige Ramification. (Fig. 8. a.) Deutlicher noch tritt dieses Alles nach Säurezusatz hervor und dürfte somit zum Theil wenigstens die Folge einer Gerinnung sein, zum Theil aber wohl auch auf eine Präformation zurückgeführt werden können. Es setzt sich mit den Kernen durch alle Spaltenräume des Muskels fort und scheint mit den sämmtlichen Elementartheilen der eigentlishen Muskelsubstanz in Berührung zu kommen, da es gar nicht selten zwischen den abgerissenen Fibrillenenden in seiner baumförmigen Verzweigung zur Erscheinung kommt. (Fig. 8. a.)

Der Nerveneintritt in den Muskel ist im Allgemeinen sehr deutlich und nur bei Gamasus schwieriger aufzufinden. Er gleicht da vollständig dem mancher Inseckten, namentlich Käfer. (Fig. 6.) Der Doyère'sche Hügel ist klein, enthält nur einen Kern und wird in Folge dessen meistentheils erst nach Zusatz von zweckentsprechenden Reagentien sichtbar. Bei Phalangium, Epeira, Tegenaria dagegen ist er kaum zu übersehen, auch wenn keine besonderen Hülfsmittel in Anwendung gebracht wurden. Der Doyère'sche Hügel wird aber bei diesen auch durch eine grössere Anhäufung von Kernen und Protoplasma gebildet und gleicht in Folge dessen viel eher dem

Kühne'schen Nervenhügel der Wirbelthiere, als seinem Aequivalente bei den Insekten. Und dies geht so weit, dass, wenn man will, in ihm eine besondere Endplatte und darunter liegende kernhaltige granulöse Substanz unterschieden werden kann, wovon ich glaube nach Essigsäurezusatz mich wiederholt überzeugt zu haben. Diese Endplatte hat aber gewiss keine andere Bedeutung, wie die helle Substanz in den gewöhnlichen Doyère'schen Hügeln und macht sich nur darum anders, weil die Verhältnisse durch die grössere Menge von Kernen auch andere sind. Wo und wie der Doyère'sche Hügel nun aber auch vorkommen möge, er liegt immer meiner Meinung nach im Sarkolemmaschlauche, steht durch Kernreihen oder auch blos durch verzweigte Körnchen- und Körnerreihen (Fig. 9. a.) mit den axialen und paraxialen Kernreihen in Verbindung und nimmt den Axencylinder des zuführenden Nerven in sich auf, nachdem das Neurilemma desselben mit dem Sarkolemma zu einem einzigen Schlauche verschmolzen ist. Kurzum, es ist in dieser Hinsicht wie bei den Insekten, nur um Vieles klarer und bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung. Dagegen müssen wir noch auf einige Punkte kommen, welche bei den Insekten nicht so genau zu erkennen waren, sondern mehr erschlossen werden mussten, die aber nichtsdestoweniger nach meinem Dafürhalten durch die Beobachtungen an den Spinnen ihre Bestätigung erhalten.

Die Nerven der Spinnen erscheinen als blasse, unregelmässig gerandete, wiederholt sich theilende Fäden, die mit Kernen und zerstreuten Körnchen besetzt sind, wohl auch Körnchen zwischen ihren Elementen enthalten. Die Kerne werden insbesondere deutlich nach Zusatz von Säuren, erscheinen dann granulirt und von einem körnigen Hofe umgeben und gehören dem Neurilemma an, das namentlich an den Theilungsstellen als besondere Membran erscheint. Einige der Theilfäden der Nerven senken sich in Doyère'sche Hügel ein, die aber keineswegs jedesmal demselben Muskelbündel angehören, sondern sehr häufig an ganz verschiedene vertheilt sind, andere umspinnen die Muskelbündel in engeren oder weiteren Spiraltouren, theilen sich dabei oder verfeinern sich auch bloss so allmählich bis zum Unsichtbaren und entziehen sich schliesslich damit der Beobachtung. Diese Theilung der Nervenfaser erfolgt jedoch nicht bloss im Stamme, sondern zuweilen auch erst am Doyère'schen Hügel oder gar erst in ihm und es sieht dann aus, als ob ein Theil des Axencylinders sich in das Protoplasma desselben auf-

löste, ein anderer noch geschlossen weiter zöge (Fig. 8 u. 9). Dieser sowohl wie die über dem Doyère'schen Hügel entsprungenen Fasern können nun ein doppeltes Schicksal haben. Entweder sie treten an irgend einer Stelle des Muskels zu einem Kerne oder Kernhäufchen und verlieren sich in dessen Protoplasma, und dieses vielleicht noch in Gesellschaft mit einem zweiten Faden, der von einer ganz andern Seite herkam, sie enden also in einem Doyère'schen Hügel, ich möchte sagen, 2ter Ordnung, der indessen mit den Kernreihen im Muskelinneren in der nämlichen Verbindung steht, wie der erste, den ich nunmehr aber auch als solchen 1ster Ordnung bezeichnen möchte, oder sie ziehen über das Muskelbündel hin, es mit Spiraltouren umgebend, und springen zuletzt noch gar in starrer, geradlinigter Richtung zu einem anderen Muskelbündel über, um erst hier in der einen oder der andern Weise zu endigen. Es entstehen auf diese Weise ganze Netze von Fasern, welche über den Muskelbündeln liegen und theilweise zwischen sich als Knotenpunkte einen Kern oder ein Kernhäufchen, als Doyère'sche Hügel 2ter Ordnung haben, theilweise aber um die Bündel herumlaufen und sie umspinnen. Allein auch im letzteren Falle liegen häufig Kerne in ihrer Bahn. Indessen diese gehören wohl kaum dem Muskelinneren an, sondern sind mehr dem Sarkolemma oder Neurilemma eigen, das sie vom Stamme her begleitet hat. Dass diese Fasern in der That aber Nervenfasern sind, das beweist ihr Ursprung. Ihr Verhalten zum Muskel jedoch wird klarer nach Zusatz von Säuren und Alkalien, weil durch diese Mittel die Muskeln so aufquellen, dass die nicht so quellbaren, sie umgebenden Fasern sie oftmals ganz tief einschnüren.

Dass ich die umspinnenden Nervenfasern für die entwickelten Analoga der bei den Insekten besprochenen, nur andeutungsweise vorhandenen sensibelen Muskelnerven halte, braucht wohl nicht erst erwähnt zu werden. Aber festhalten wollen wir das dennoch ganz besonders. Denn die umspinnenden, überhaupt ausserhalb des Sarkolemma gelegenen Fasern kehren wieder und sie so strikt erwiesen zu haben, wie bei den Spinnen, ist wichtig für das Ganze. —

Bei den Krebsen und ihren Verwandten liegt die Sache im Allgemeinen ebenso. Nur sind hier an Stelle der kleinen Doyère'schen Hügel der Insekten oder der grösseren Hügel der Araneiden, die bekanntlich so ausgedehnten Anhäufungen von kernreichem Protoplasma vorhanden, dass die contraktile Muskelsubstanz von demselben oft wie von einem dicken Mantel umgeben erscheint, der vor-

nehmlich nach Zusatz von manchen Säuren und Alkalien aufquillt und mehr, weniger stark gekrept sich von dem gewöhnlichen Muskelcontour abhebt. Daneben zeigen sich aber auch zahlreiche umspinnende Fasern, welche den Muskel mit vollständigen oder unvollständigen Spiraltouren umgeben, und ausserdem Längsfasern, welche Verbindungen zwischen entfernteren Kernhaufen herzustellen scheinen. Doch ist des Genaueren darüber noch nicht nöthig.

Die Muskeln von Astacus (Fig. 10) in ihrem eigenen Safte, in 1% Kochsalzlösung oder Serum untersucht, sind sehr breit und blass, verhältnissmässig eng der Quere nach und in verschiedener Breite der Länge nach gestreift. Die breiten Längsstreifen sind wie bei den Insekten und Araneiden der Ausdruck tiefer gehender Spalten und Risse, durch welche das ganze Bündel in Unterabtheilungen zerlegt wird, und da dieselben offenbar in verschiedener Höhe und Tiefe liegen, repräsentiren auch sie hier ein Canalsystem, das die eigentliche Muskelsubstanz durchsetzt. Die Muskeln sind sehr kernreich; doch ist die Vertheilung der Kerne nicht bei allen gleich. Bei manchen liegen sie zu je einem über das ganze Bündel zerstreut, bei anderen liegen sie auf bestimmte Punkte beschränkt, aber da in grösserer Anzahl und zwar bald in Reihen, bald in Häufchen. In letzterem Falle sind die Muskeln im Ganzen viel klarer, nur an den kernführenden Stellen getrübt, in ersterem erscheinen sie öfters wie bestaubt. Es muss demnach mit den Kernen über sie hin sich eine Masse verbreiten, welche ihre Durchsichtigkeit beeinträchtigt und durch ihr körniges Gefüge sie wie bestaubt erscheinen lässt. Aber auch in Betreff der Anhäufung herrschen Unterschiede. Es giebt Häufchen von Kernen, die nur aus 3, 4, 5, 10 gebildet werden und solche, in denen sie zu Hunderten zusammen liegen und als dichter, zusammenhängender oder mehr netzig durchbrochener Mantel das Muskelbündel umgeben.

Es giebt im Krebsmuskel wenigstens zweierlei Kerne, 1. blasse, trübe, ungleich grosse und unregelmässig rundliche, flache, die granulirt erscheinen, 1—4 kleine Kernkörperchen besitzen und von einem deutlichen Protoplasmahofe umgeben sind, und 2. etwas dunkler gerandete, glatter und glänzendere, mehr in die Länge gezogene und gewölbtere, die mit 1—3 grösseren Kernkörperchen ausgestattet sind. Diese gleichen vollständig den im Neurilemma des zuführenden Nerven vorhandenen und liegen über oder in dem Sarkolemma. Jene dagegen liegen unter demselben oder in der Muskel-

substanz selbst, zwischen den einzelnen Primitivfasern, wie man an einem mit Müller'scher Augenflüssigkeit behandelten Objekte zuweilen recht deutlich sehen kann. Sie bilden die ungleich grössere Mehrzahl, ja verdecken wohl in den meisten Fällen die anderen geradezu und sind es, die zu Reihen oder Plaques vereinigt auftreten und mit der trüben Masse, ihrem Protoplasma vergesellschaftet, die Muskelsubstanz bedecken.

Das Protoplasma dieser Kerne zeigt verschiedene Stufen der Entwickelung. Bei einzelnen Kernen ist es blass, ziemlich homogen oder höchstens etwas körnig, in seiner Configuration unregelmässig zerrissen oder spindelförmig nach der Längsrichtung der Fibrillen ausgezogen. Bei anderen erscheint es von deutlich körnig-faseriger Textur, in baumförmige Verästelungen ausgezogen, welche mit denen anderer Kerne sich zu feinen Netzen verbinden. Bei noch anderen wird es deutlich fibrillär und geht in Gesellschaft mit dem anderer Kerne in unzweifelhafte Bänder über, die mit Nerven im Zusammenhang stehen und durch ihr Verhalten gegen Säuren und Alkalien darthun, dass sie nicht blos zum Neurilemma treten, sondern mit dem Axencylinder selbst sich verbinden.

Die grösste Anhäufung von solchen Kernen liegt immer zwischen Sarkolemma und Muskelsubstanz und findet sich hauptsächlich in der Nähe des Nerveneintrittes. Dessenungeachtet kommen sie doch auch in dem Muskelnerven vor und treten hier unter denselben Verhältnissen wie bei den Insekten und Arachniden als axiale und paraxiale Bänder auf, die in den verschiedenen Spalten liegen und unter einander in zahlreicher Verbindung stehen.

Der Nerveneintritt erfolgt in sehr auffälliger Weise. Der dicke, streifige Ast eines Stammes, welcher sich bereits mehrfach getheilt hat, läuft an den Muskel heran. Sein kernhaltiges Neurilemma geht in das ebenso kernhaltige Sarkolemma über, welches sich wie ein zarter Saum über die Kernplaques hin erstreckt, und der Axencylinder löst sich in das Protoplasma eines jener beschriebenen grossen Kernhaufen auf. Dieser jedoch steht mit andern, oberflächlich oder im Muskelinneren gelegenen Kernen und Kernhaufen in Verbindung, und dadurch wird nun wie bei den Insekten und Arachniden auch hier der Contakt zwischen Nerv und Muskel auf das Innigste bewerkstelligt.

Die Verbindung der einzelnen Kerne und Kernhaufen geschieht für gewöhnlich durch ihr Protoplasma, das ja so verbreitet ist, dass, wie wir kennen gelernt haben, es den Muskel manchmal wie be-

staubt erscheinen lässt. Bisweilen geschieht die Verbindung aber auch durch ziemlich breite, scharf und deutlich contourirte Bänder, die sich aus dem fadenreicheren Theile des Protoplasmas eines Kernhaufens zusammengesezt haben und über weitere Strecken hinziehen, um schliesslich wieder in dem Protoplasma eines entfernteren Kernhaufens sich aufzulösen. An manchen Muskeln sieht man mehrere Nerven eintreten, und dann stehen ihre Eintrittsstellen durch solche unregelmäszige Protoplasmazüge oder durch Bänder, die sich in dieselben Kernhaufen einsenken, in Verbindung. Es entstehen auf diese Weise Netze mit grösseren Kernhaufen als Knotenpunkten, und diese bilden in ihrer Totalität eben den kernhaltigen Protoplasmamantel, welchen wir von den Krebsmuskeln schon lange kennen, in dem aber die nervösen Bänder bis jetzt wenigstens noch nicht bekannt waren.

Diese nervösen Bänder in dem geschilderten Verhältnisse zu dem Protoplasma der Kernhaufen kann man vorzüglich schön erkennen, wenn ein Muskelbündel quer eingerissen ist und langsam gedehnt wird. Man sieht dann in der vorhandenen Lücke mitunter einen Haufen Kerne, eingebettet in eine körnige oder körnig-faserige Substanz und aus dieser Fäserchen entspringen, welche sich unter einander mehr weniger verflechten und zu einem entfernteren Kernhaufen gehen, oder zu schmaleren oder breiteren Fasern verschmelzen, die eben jene Bänder darstellen. Gegen Laugen haben diese Bänder eine grosse Resistenz. Nach Zusatz von Säuren, vornehmlich Essigsäure, treten sie erst schärfer hervor, werden dann leicht varikos und endlich zerfallen sie in stark lichtbrechende Körnchen, wie genuine feine Nervenfasern.

Nicht immer löst sich der ganze Axencylinder sofort an seiner Eintrittsstelle in den besprochenen Protoplasmamantel auf, sondern ein Theil desselben läuft über oder durch denselben erst noch eine Strecke weit weg, und endigt dann erst, und zwar wie er selbst, d. h. in demselben Protoplasmamantel, nur an einer andern Stelle. Ein weiterer Theil läuft in dem Sarkolemma, vielleicht auch über ihm, was wohl von der tieferen oder höheren Theilung des Axencylinders abhängen mag, um das Muskelbündel herum, um es mehr oder weniger streifig zu verdicken und gleichzeitig einzuschnüren. Die Endigungsweise dieser Fasern ist mir nicht bekannt geworden. Sie werden feiner und feiner und entziehen sich damit endlich jeder ferneren Verfolgung. Sie endigen indessen aller Wahrscheinlichkeit

nach wohl wie bei den Insekten und Arachniden durch Verbindung unter einander (?) oder auch durch einfaches Aufhören in der Nähe eines Kernes.

Wie die Endigung des Axencylinders in dem Protoplasmamantel eigentlich ist, habe ich nicht ersehen können. Sie scheint nichtsdestoweniger durch Auflösung in das körnig-faserige Protoplasma zu erfolgen, aus welchem sich dann hie und da wieder neue Axencylinder in der geschilderten Weise herausbilden, um entferntere Punkte mit einander zu verbinden. Das körnig-faserige Protoplasma liegt hauptsächlich in den tieferen Partien des Mantels, die oberen, dicht unter dem Sarkolemma gelegenen, werden von dem mehr homogenen eingenommen, das auch wie bei den Insekten und Spinnen durch Wasser, Säuren und Alkalien sehr aufquillt und damit das Sarkolemma als feinen aber scharfgezeichneten Saum abhebt. Wenn wir wollen, hätten wir damit auch hier eine mehr homogene oder körnig-hyaline Abtheilung des Nervenendapparates als Kühne'sche Endplatte, und eine granulöse oder körnig-faserige, kernführende Abtheilung als deren Sohle. Aber ich habe mich darüber schon einmal geäussert und ergiebt sich jetzt von selbst aus der Darstellung, was und wie ich darüber denke. Im Allgemeinen schliesse ich mich den Engelmann'schen Ansichten an, indem ich mit diesem die Auflösung des Axencylinders in das körnig-faserige Protoplasma der sogenannten Sohle annehme; ich kann aber die Rouget'schen Ansichen nicht ganz von der Hand weisen, nach denen der Axencylinder die Sohle durchsetzen soll, um sich direkt zu den Fleischtheilchen zu begeben, weil in der That anscheinend so etwas vorkommt. Wie aber der wahre Sachverhalt dabei nach meiner Meinung sei, haben wir kennen gelernt, und der ist der Engelmann'schen Ansicht nicht blos nicht entgegen, sondern stützt sie. Wir erkennen das sofort, wenn wir den Theil des Protoplasmamantels, in welchem sich der Axencylinder des zuführenden Nerven auflöst, mit dem Doyère'schen Hügel 1ster Ordnung der Arachniden, und denjenigen Theil desselben, in welchem sich die noch weiter strebenden Fasern jenes oder neugebildete einsenken, als Doyère'sche Hügel 2ter beziehungsweise 3ter Ordnung auffassen. Die ganze Natur des Muskels, der für eine mehrfache Theilung gewissermassen vorbereitet ist, sie aber anscheinend nicht eingeht, leistet einer solchen Ansicht Vorschub.

Den dargelegten Verhältnissen analog liegen die Sachen auch

bei Palaemon. Doch sind die Muskeln dieses Thieres so ausserordentlich leicht zerfliesslich, dass ohne vorgängige Präparation in Müller'scher Augenflüssigkeit, Spiritus, Chlorgoldnatrium- oder Ueberosmiumsäure - Lösung ihre zweckentsprechende Untersuchung mir nicht gelingen wollte. Man erhält nach der Einwirkung der verschiedenen Reagentien natürlich sehr verschiedene Bilder; dessenungeachtet glaube ich doch, dass aus allen man nur ein und dasselbe Resultat entnehmen kann. Die einzelnen Muskelbündel sind durch Längsspalten in Parallelstreifen getheilt, die durch ausserordentlich feine, aber sehr starre Primitivfasern zusammengesetzt erscheinen. Die Spalten sind mehr oder weniger von einer kernführenden, körnigen oder körnig-faserigen Masse erfüllt, und ganz gleiche Massen liegen auch sonst noch umher als grosse Plaques an der Oberfläche des Muskelbündels, zwischen Sarkolemma und contraktiler Substanz, mehr zerstreut und vielfach nur als einzelne Kerne in den einzelnen Abtheilungen des Bündels, und wie man z. B. nach Behandlung mit Müller'scher Augenflüssigkeit sehen kann, daselbst zwischen den einzelnen Fibrillen, welche wenigstens theilweise von ihr auch noch überzogen erscheinen. Diese kernführenden Massen, ein auch hier auf verschiedenen Stufen der Entwicklung stehendes Protoplasma, hängen unter einander vielfältig zusammen und zwar bald durch breitere Züge, bald nur durch dünne, zarte Ausläufer lediglich des Protoplasmas, nicht selten aber auch durch deutliche Fäden, in welche dieses letztere sich umgebildet hat (Fig. 11). Sehr bestimmt, wie ich gefunden zu haben glaube, erschienen diese Verhältnisse namentlich nach Behandlung mit Chlorgold und nachfolgender Wäsche in Essigsäure. Die Muskelbündel sind danach mehr oder weniger röthlich gefärbt und sehr stark aufgequollen. Die Kerne sind glänzend und die sie umgebenden Massen, ihr Protoplasma etc. sind noch dunkler als die Muskeln gefärbt und mit röthlichen oder schwärzlichen, krümlichen Massen beschlagen. In Folge der Quellung der Muskelsubstanz sind die Kerne weit auseinander gerückt und ihr Zusammenhang unter einander ist desshalb leichter zu übersehen. Und da gewahrt man denn, dass dieser sehr oft durch wirkliche Bänder — Axenbänder, Axencylinder — gemacht wird (Fig. 12).

Der Nerveneintritt erfolgt wie bei Astacus, indem das sehr weite, kernhaltige Neurilemma unzweifelhaft in das sehr zarte, kernhaltige Sarkolemma übergeht und der Axencylinder in einen grösseren

Kernhaufen im Inneren des Muskels eindringt (Fig. 11. 12a.) Und nun sieht man in Goldpräparaten, wie dieser letztere sich in der krümlichen Masse, dem Protoplasma, verliert, wie aus diesem neue Bänder in die Muskelspalten eindringen und hier den Kernen folgend, scheinbar wenigstens, von Kern zu Kerne ziehen (Fig. 12. a. b.). Auf ihrem Wege geben sie Aeste ab, welche schräg in den sekundären Bündel, Koelliker's Muskelsäulchen, sich einschieben und dann, auch den Kernen folgend, weiter ziehen, sich theilen und in ihren feinsten Ramificationen Verbindungen eingehen, darunter auch solche mit Fäden, welche von ganz anderen, oft ziemlich fern gelegenen Nerveneintrittsstellen herstammen (Fig. 12. e.) Die Theilung der Fasern erfolgt gewöhnlich an einem Kerne, indessen kommen doch auch Theilungen inmitten ihres sonstigen Verlaufes vor. Jedenfalls aber scheinen die Kerne dafür von Belang zu sein und wenn vielleicht auch nicht mehr in der Gegenwart, so doch gewiss in der Bildungsperiode.

Wie bei Astacus, so kommen auch hier die das Muskelbündel umspinnenden Fasern vor, die allerdings viel feiner und zarter als dort öfter der Zerstörung ausgesetzt sind, doch unter denselben Verhältnissen entspringen und verlaufen und gewiss auch dieselbe Bedeutung haben.

Bei Oniscus und Porcellio, deren Muskeln wegen einer Unmasse von stark lichtbrechenden Kügelchen (Fettkügelchelchen?) nicht recht geeignet waren, um alle Verhältnisse zu einer deutlichen Anschauung zu bringen, tritt der Nerv, nachdem er vorher eine Menge Aeste und sein Neurilemma an das Sarkolemma abgegeben hat, unter dieses, wo sich ebenfalls mantelartig eine kernhaltige, molekuläre Masse ausbreitet, von welcher Fortsetzungen im Bogen in die Muskelsubstanz eindringen, um sich daselbst zu Kernreihen oder einzelnen Kernen zu begeben, welche mit ihr in näherer Beziehung stehen. Umspinnende Fasern habe in unzweifelhafter Weise ich nicht gesehen. Wie bei diesen Krustern, so liegen auch, nach allem was ich gesehen, die in Rede stehenden Sachen bei Scolopendra. Wir nah men schon bei den Insekten Veranlassung, davon zu sprechen; doch erst nachdem das Vorausgeschickte näher bekannt geworden, konnte, ohne weitläufig zu werden, ich darauf zurückkommen.

Bei allen drei Klassen der Arthropoden haben wir somit beinahe dieselben Befunde gemacht. Zweierlei ist die Weise, in welcher die Nerven zu endigen scheinen: einmal extramuskulär

als umspinnende, zum Theil netzartig verflochtene Fasern, das andere Mal intramuskulär durch Auflösung in eine körnig-faserige und allem Anscheine nach endlich zähflüssige Masse, welche die eigentlichen Muskelbestandtheile, wofür ich noch immer die Primitivfasern ansehe, mantelartig umgiebt. Diese Masse scheint zum Wenigsten an einen Theil der Kerne gebunden zu sein, welche in dem Muskelinneren vorkommen, scheint ihr Protoplasma auszumachen, und ein Theil der sogenannten Muskelkerne selbst wenigstens kann darum wieder nicht dem Muskelsysteme im engeren Sinne des Wortes angehören, sondern wird eher als ein Bestandtheil des nervösen Systems zu betrachten sein, das mit jenem in direkte Verbindung tritt.

Manche von den genannten Kernen sind, und dies vornehmlich am Eintritte des zuführenden Nerven in den Muskel, zu Häufchen angesammelt und bilden da den Doyère'schen Hügel Kühne's, eine Anhäufung unzweifelhaft nervöser Substanz aus noch deutlich charakterisirten Zellen gebildet, inmitten der Muskulatur. Allein doch auch an anderen Stellen kommen solche Anhäufungen von Nervenzellen vor. Aber sie stehen meistentheils mit den vorigen in enger Verbindung, indem Nervenfäden direkt oder indirekt sie mit denselben verknüpfen, und stellen so die bisher übersehenen Doyère'schen Hügel 2ter, 3ter etc. Ordnung dar.

Die extramuskulären Endnetze, Schlingen oder Fasern sind mit der grössten Wahrscheinlichkeit als Bestandtheile des centripetal leitenden Systems anzusehen, als sensibele Fasern, Fasern also, welche neben den gemeinen Gefühlen auch das Muskelgefühl vermitteln. Die intramuskuläre Endung ist Theil des centrifugal leitenden Systemes, gehört unzweifelhaft der motorischen Sphäre an, steht aber vielleicht auch noch zu den Ernährungsvorgängen in näherer Beziehung. In diesem Falle würde sie theilweise wenigstens auch das trophische System repräsentiren, für dessen Existenz in einem gewissen Sinne des Wortes man ja mit der Länge der Zeit immer mehr Anhaltepunkte bekommen hat.

Die Verhältnisse, welche wir bei den Arthropoden kennen gelernt haben, wiederholen sich, sobald wir blos das Gröbere derselben ins Auge fassen, ich möchte fast sagen, mit nur sehr geringen Modifikationen auch in der Reihe der Wirbelthiere. Ganz allgemein verbreitet

in ihr haben wir die Analoga der Doyère'schen Hügel, die Kühne'schen Nervenhügel. Ganz allgemein verbreitet haben wir, von diesen ausgehend, ein intramuskuläres Nervensystem und ebenso allgemein verbreitet finden wir auch ein extramuskuläres, das bald mit weitmaschigen Netzen ganze Partien von Muskelbündeln umstrickt, bald mit engen Schlingen nur einzelne Fibrillen derselben spiralig umspinnt und einschnürt. Denn die Kühne'schen Nervenhügel kommen nicht blos den Reptilien, den Vögeln und Säugern zu, sondern sie sind auch den Amphibien und Fischen eigen und die beziehentlichen Angaben von Krause, Waldeyer, Key sind durchaus richtig. Ich habe diese Apparate bei Rana temporaria und esculenta, bei Salamandra maculata, bei Triton taeniatus, bei Perca, Leuciscus, Clupea und Pleuronectes gesehen und zwar unter Verhältnissen und Umständen, dass ich jeden fernern Zweifel über ihre etwaige Existenz für ausgeschlossen erachte. Und was die übrigen Verhältnisse anlangt, so glaube ich dieselben auch mit einer Bestimmtheit und Deutlichkeit wahrgenommen zu haben, dass über ihr Bestehen für mich kein Zweifel mehr existirt, dass ich mich eher wundern möchte, weshalb sie überhaupt so lange haben unbeachtet existiren können.

Allerdings wird das Letztere sehr erklärlich durch die feineren Verhältnisse. Denn es spielen eine Reihe von Dingen, welche bei den Arthropoden so gut als gar nicht belästigten, hier eine sehr störende Rolle. Das Bindegewebe, das um einzelne Muskelgruppen und Gefässe oft mächtig entwickelt und vorzüglich bei den höheren Thieren vielfach von elastischen Fasern durchsetzt ist, und demnächst die Gefässe selbst, namentlich die kleineren, wenn sie ihren Inhalt entleert haben und zusammengefallen sind, sind da von ganz besonderer Bedeutung. Aber auch noch manche andere Dinge, und zwar darunter solche, von denen man es kaum glauben sollte, wirken unter Umständen in ganz ähnlicher Weise mit ein. So können z. B. selbst die so genau gekannten rothen Blutkörperchen oder ihre Kerne, wenn sie durch Reagentien verändert sind, wie mir das unter Anderen bei Sperlingen begegnet ist, recht unangenehme Störungen und selbst ganz fatale Täuschungen hervorrufen. Ausserdem giebt es jedoch noch vielfältige andere Gebilde, von denen wir ganz dasselbe sagen müssen und zwar um so mehr, als wir über sie zum Theil noch recht wenig unterrichtet sind, und die wir vielleicht mit aus diesem Grunde, wo wir sie antrafen, öfters schneller abgethan haben, als gut war. Hierhin gehören manche Pigmente, manche

zähschleimigen Gebilde, welche kurzweg als Protoplasmaformen angesehen und hingehen gelassen worden sind, ferner manche Bindegewebsformationen und manche, ohne viel Bedenken als elastische bezeichneten Fasern. Man liess diese sämmtlich als gut legitimirt passiren und dachte nicht viel daran, dass doch vielleicht etwas mehr hinter ihnen stecken möchte, als zu vermuthen gewesen, und in der That haben sie sich denn auch endlich, wie ich glaube, als etwas ganz Anderes entpuppt, als man angenommen hatte, wenngleich nicht gerade immer zu sagen war: als was?

Allein wenn man nicht voreingenommen von gewissen Ideen an die Arbeit geht, sondern so vorurtheilsfrei als möglich den fraglichen Dingen auf den Leib rückt, so wird man dessenungeachtet doch, wenn auch nicht in jedem einzelnen Falle, so doch immer noch oft genug zu ganz bestimmten Resultaten gelangen und sich nichtsdestoweniger zu einer gewissen Klarheit durcharbeiten. Geduld gehört allerdings unendlich dazu, und niemals wird man sich dürfen verdriessen lassen, wenn ein Viertelhundert Präparate nichts gelehrt haben, das zweite Viertelhundert in einer anderen Weise und nach einem anderen Prinzip herzurichten. Oft liegt dann, nachdem so und so viele Mühen vergebens gewesen waren, die ganze Sache mit einem Male geklärt da, und was man, wer weiss wie lange, gesucht hatte, breitet sich nunmehr wie von selbst vor unseren Augen aus.

Was ich aber so oder so in einer grossen Reihe von Untersuchungen selbst gesehen habe, und zu welchen Resultaten ich dadurch gekommen bin, das mögen die nachstehenden Auseinandersetzungen lehren.

Bei Rana temporaria sieht man in dem mit Serum oder Kochsalzwasser (1%) frisch hergerichteten Präparate des Brusthautmuskels, der Zungen-, Schulter- und Beckenmuskeln hin und wieder sehr dicke, derbe Nervenstränge hinziehen. Diese theilen sich vielfach und ihre Zweige vertheilen sich nach allen Richtungen hin. Wenn man aufmerksam den einen oder den anderen Strang verfolgt, so wird man ein zwiefaches Verhalten in seinem weiteren Verlaufe erkennen. Der Strang theilt sich. Ein Theil verläuft geschlossen oder sich auch wieder theilend weiter, ohne dass eine Veränderung in seinen Elementen, d. i. seinen Primitivfasern, irgend wie vorgekommen wäre. Als mehr weniger breite, mit verhältnismässig dicken Markscheiden versehene Fibrillen gehen sie weiter, bis sie an dem Ort ihrer Endigung angekommen sind. Der andere Theil

dagegen lässt schon frühzeitig Abänderungen in dem Verhalten seiner Primitivfasern erkennen. Nachdem auch er noch eine Strecke geschlossen weiter gelaufen ist, fängt er an sich zu lockern. Er wird breiter und breiter. Die Primitivfasern rücken mehr und mehr auseinander. Dann theilt sich der Strang und die Theiläste verlaufen, um, wie die der ersten Abtheilung, aber in ihrer Weise, ihr Ziel zu erreichen. Allein schon während der Auffaserung des Stranges verloren die Markscheiden der Primitivfasern an Mächtigkeit. Sie wurden danach noch immer dünner und zuletzt verschwanden sie mancherorts vollständig. In dem Maasse jedoch, als dieses geschah, traten die Kerne des Neurilemmas mehr und mehr hervor und wo das recht auffallend sich machte, da blieb zuletzt ein kernreicher, von noch immer vorhandenem Myelin leicht glänzender Strang liegen, oder eine mit Kernen besetzte dünne Faser.

Forschen wir nunmehr aber nach, was aus den verschiedenen Fasern wird und fassen wir Behufs dessen zuvörderst ein Bündel der ersten Abtheilung in das Auge, so erkennen wir wieder ein wechselndes Verhalten. Manchmal sehen wir noch einen Theil dieser letzteren zu einem ziemlich starken Strange vereinigt, zu einem helleren, etwas glänzenden, plattenartigen Gebilde treten, das bald auf, bald unter, bald neben einem Muskelprimitivbündel liegt und in letzterem Falle dieses halb und halb umgreift. Ein ander Mal gewahren wir, dass so etwas nur von einer einzigen Faser vollzogen wird, die sich von dem betreffenden Bündel losgelöst hat und ihre eigenen Wege gewandelt ist, wobei sie oft noch Seitenzweige abgegeben. In einem noch anderen Falle beobachten wir, dass zwar ein ganzer Strang zu einer solchen Platte geht, dass aber nur ein Theil seiner Fasern sich in sie einsenkt, während der andere Theil über sie weg oder auch scheinbar durch sie durch weiter verläuft, und in einem noch weiteren Falle tritt ein noch anderes Verhalten ein und die Faser scheint, nachdem sie in Endbüsche zerfallen ist, unmittelbar in der von Kühne angegebenen Weise zu enden.

In den erwähnten plattenartigen Gebilden, welche eine sehr wechselnde Grösse haben, aus einer glasartig hellen Materie bestehen, in der Körnchen, Kügelchen und rundliche Kerne eingebettet liegen, an einzelnen Muskelbündeln zu mehreren vorhanden sind, an anderen gänzlich fehlen, scheint der Nerv, sei er Stamm, sei er einzelne Faser, sich aufzulösen (Fig. 13a. 14a.). Sein Neurilemma geht in vielen Fällen deutlich erkennbar über in das Sarkolemma;

sein Mark scheint in die Körnchen und Kügelchen der Platten sich aufzulösen und seine Axencylinder verlieren sich ohne erkennen zu lassen, wie und wohin. Aus dieser Platte, welche also unter dem Sarkolemma, zwischen diesem und der eigentlichen Muskelsubstanz liegt, entstehen aber wieder neue Nervenfasern (Fig. 13. b. 14. b.), die zum Theil sich wieder zu markhaltigen Stämmen anordnen, das Sarkolemma durchbrechen, eine Fortsetzung desselben als Neurilemma mitnehmen und weiter zu andern Muskelbündeln laufen. Auf ihrem Wege dahin theilen sie sich aber wieder zum öfteren; endlich theilen sich sogar ihre einzelnen Primitivfasern und nachdem auch dann noch Aeste zu sehr verschiedenen Bündeln abgegeben worden sind, enden sie entweder mit einer Platte oder wie das Kühne beschrieben hat. In diesem Falle tritt der markhaltige und mit einer Schwann'schen Scheide bekleidete Nerv an das Muskelbündel. Die Schwann'sche Scheide verschmilzt mit dem Sarkolemma und der Nerv selbst zerfällt in die bekannten Endbüsche. Markhaltig ziehen die einzelnen Fasern noch eine Strecke weiter von Kern zu Kern und gewöhnlich dicht unter dem Sarkolemma, das sie auf eine gewisse Entfernung hin scheidenartig erheben und von dem sie vortäuschen, dass es sie trüge wie ganz und gar ausserhalb gelegene Gebilde; dann theilen sie sich, verlieren ihr Mark und gehen darauf, wieder und wieder sich theilend, als blasse Bänder weiter von Kern zu Kern. Schliesslich endigen die blassen Bänder in der Nähe eines Kernes, der von einem körnigen Protoplasma umgeben ist, und zwar endigen sie entweder ziemlich scharf abgesetzt, oder auch, nachdem sie sich so verfeinert haben, dass ihr Aufhören an einem bestimmten Punkte nicht mehr erkannt werden kann, wie ich glaube, in dem Protoplasma des Kernes. (Fig. 13. c.)

Ausser den beschriebenen Fasern entspringen den kernführenden Nervenplatten aber auch noch Fasern, welche ein anderes Verhalten an den Tag legen. Sie machen nicht erst weite Umwege, um an ihr Ziel zu gelangen, sondern sie dringen unmittelbar in das Muskelbündel ein, dem die Platte angehört. Dabei jedoch kann, soweit ich habe erkennen können, ein zweifacher Modus beobachtet werden. Entweder nämlich stülpen sich blos ganz feine, blasse, oft nur wie körnig-faserig erscheinende, aber sich weiterhin doch noch theilende Fäden aus der Platte hervor und umgreifen, wenn die Platte an der Seite liegt, die Muskelsubstanz, in querer Richtung vordringend, in oft deutlichem Bogen, wobei sie sich allmählig so verfeinern, dass

sie schliesslich der Beobachtung sich vollständig entziehen, oder es treten derbere, sogar markhaltige Fasern heraus, welche das Sarkolemma wie Fasern der Endbüsche auf eine gewisse Entfernung hin scheidenartig abheben um dann, nachdem sie sich getheilt und verschmächtigt haben, wieder unter das Sarkolemma zurückzusinken, ihr Mark zu verlieren und sich theilend von Kern zu Kern zu ziehen und zu endigen ebenfalls wie die den Endbüschen angehörenden. (Fig. 13. bei a.) Mitunter kommen zwischen diesen Fasern Kommunikationen vor und wenn an demselben Muskelbündel ein weit hergelaufener Nerv büschelförmig endigt, so kann eine solche Kommunikation auch mit diesem stattfinden. Doch scheint sich dieselbe immer nur in der Nähe eines Kernes zu machen und nie in der Continuität der Fasern selbst zu erfolgen. (Fig. 13. d.)

Es fragt sich nunmehr, welche Bedeutung haben die mehrfach erwähnten Kerne für die geschilderten Verhältnisse? Man kann im Froschmuskel zum Wenigsten dreierlei Kerne unterscheiden: 1. grössere, rundlich-flache, glatte, nach Essigsäure-Einwirkung stäbchenförmig erscheinende, die in die Muskelsubstanz in ziemlich regelmässigen Abständen aber in verschiedener Tiefe, meist nach seiner Länge, nur selten mehr quer eingesenkt und durch Protoplasmakörnchen ebenfalls der Länge nach verbunden sind, die eigentlichen Muskelkerne, 2. kleinere, länglich-rundliche, glatte, blasse, nach Essigsäure etwas schärfer hervortretende protoplasmalose, welche über den Platten und den von denselben ausgehenden Nervenfasern sitzen, wohl von dem zuführenden Nervenstamme herrühren, dem Neurilemma angehören, bindegewebige, 3. runde oder eiförmige, nur durch gegenseitigen Druck veränderte, verschieden grosse, bald blasser bald dunkler gerandete, leicht granulirte oder punktirte, mit mehreren kleinen Kernkörperchen versehene, nach Essigsäure zwar nicht die Form, wohl aber den Inhalt verändernde und dann häufig mit 1 auch 2 grösseren Kernkörperchen ausgestattete, in grösserer Anzahl blos in den Endplatten, sonst aber vereinzelt auch noch anderweit liegende, nervöse.

Kühne hält, wie wir Eingangs gesehen haben, die Kerne, zu welchen die ihm bekannten intramuskulären Nervenfasern, das sind von denen, welche wir kennen gelernt haben, die breiten, Anfangs noch markhaltigen, für eigenartige Gebilde von recht complicirtem Bau. Engelmann konnte das nicht bestätigen. Er hält sie für einfache, protoplasmaführende Kerne, und Koelliker hält sie für

Kerne des Neurilemmas, da er ja überhaupt diese Fasern nicht für intramuskuläre, sondern für extramuskuläre ansieht. Ich schliesse mich zum Theil Koelliker an, indem ich glaube, dass, trotzdem die Faserausbreitung intramuskulär ist, dennoch ein Theil der Kerne extramuskulär gelegen ist und dem Neurilemma resp. Sarkolemma angehört, das zu Anfang der Faserung wenigstens, wie schon erwähnt worden ist, von den einzelnen Fasern scheidenartig erhoben wird. — Von den übrigen Kernen glaube ich sind gar manche wahre Muskelkerne, die vielleicht in Etwas, aber keineswegs wesentlich von den übrigen Muskelkernen abweichen. Es sind das ganz besonders die am Ende der Faserung gelegenen. Die in der Mitte derselben vorhandenen zeigen allerdings manches Eigenthümliche; doch ist dasselbe, wie mich dünkte, nicht von dem Belang, welchen man glaubte annehmen zu müssen. Sie scheinen vor Allem etwas kleiner, etwas gerundeter, weniger empfindlich gegen Essigsäure zu sein und gewissermassen eine Mittelstellung zwischen den Kernen der Nervenhügel und den wahren Muskelkernen einzunehmen; allein mehr vermochte ich bis jetzt auch an diesen nicht zu sehen, und dies Wenige kann bedingt sein durch die verschiedene Entwickelung, welche sie und hauptsächlich ihr Protoplasma gegenüber den freien Muskelkernen durchzumachen gehabt haben, und von den doch immer wesentlich anderen Verhältnissen, unter denen sie sich ebenfalls diesen gegenüber dadurch befinden, dass sie Fasern anhaften und nicht in einem weichen Protoplasma liegen. Als etwas diesem letzteren Umstande Zuzuschreibendes erachte ich auch das feine Leistchen, welches man so häufig über diese Kerne hinlaufen sieht, und das Kühne, wie ich glaube, irrthümlich als einen Faden aufgefasst hat, der im Kerne liegt, wohin es, von der Nervenfaser ausgegangen, zu einem glänzenden Kügelchen sich begiebt, das eine Art Endbläschen darstellen soll. Ich halte das Leistchen für das Band, durch welches der Kern der Faser anhaftet und dies Band ist in bald mehr gerader, bald mehr wellenförmiger Linie entstanden durch Umwandlung seines ursprünglichen Protoplasmas. Dass von diesem noch Reste hie und da vorhanden sind, glaube ich lässt sich erweisen, und die Sohle, welche Engelmann den betreffenden Kernen zuschreibt, würde in diesem zu suchen sein. Das Kühne'sche Endbläschen jedoch halte ich mit Kühne für ein im Kerne selbst gelegenes Körperchen und damit allerdings auch für ein Kernkörperchen,

trotzdem sowohl nach Kühne[1]) als auch nach Engelmann[2]) den in Rede stehenden Kernen keine Kernkörperchen zukommen sollen. —

In Anbetracht all dessen bin ich der Meinung, dass im Allgemeinen die Verästelung der in Rede stehenden Fasern den Muskelkernen folgt, oder anders ausgedrückt, dass durch diese Fasern eine Verbindung der Nervenplatte mit den Muskelkernen, alias ihrem Protoplasma hergestellt wird, indem diese Fasern gewissermassen nur eine Modification desselben, eine Differenzirung seines ursprünglichen Zustandes, der bei den wahren Muskelkernen mehr erhalten blieb, darstellt. Bei dieser Differenzirung mag die Ernährung der Kerne wohl auch eine andere geworden sein und daher gewiss nicht zum kleinsten Theile ihre so ganz andere Form im Vergleich zu jenen Kernen herrühren. Uebrigens finden unter diesen sich aber auch fern von allen Fasern beinahe immer etliche, die jenen sehr nahe stehen.

Was endlich noch die von mir als rein nervöse Kerne betrachteten angeht, die ab und an einmal in dem Muskel zu Gesicht kommen, so sah ich sie mehrmals anscheinend mit den feinen Nervenfäden in Verbindung, welche so oft in transversaler Richtung aus der Platte kommen. Doch kann ich nichts Genaueres darüber angeben, weil ich sie doch im Ganzen zu selten in dieser Verbindung zu sehen Gelegenheit hatte. Dagegen kamen sie mir unter anderen, noch näher zu erörternden Verhältnissen wiederholt zur Beobachtung und kommen wir auf diese später noch besonders zurück. — Kühne unterscheidet gelegentlich einmal zweierlei Kerne im Muskel, längliche, mit quergestreiftem Protoplasma und rundliche, welche er Kerne der Muskelsubstanz nennt. Diesen letzteren glichen die eben erwähnten Kerne. Habe ich Kühne recht verstanden, so hält er sie für Vorstufen der Muskelkerne. Aus dem oben Gesagten und aus später Folgendem wird sich ergeben, dass ich grossentheils derselben Meinung bin. Doch jetzt zu etwas Anderem.

Es fragt sich nämlich nach diesem weiter: wo liegen die intramuskulären Fasern, oberflächlich, oder dringen sie auch in die Tiefe? — Die breiteren derselben scheinen vorzugsweise dicht unter dem Sarkolemma zu liegen, bisweilen aber auch einmal in die Tiefe des Muskels einzudringen, wie aus der verschiedenen Deutlichkeit der

1) Kühne. Ueber d. peripherischen Endorgane d. motor. Nerven. p. 18.
2) Engelmann. Untersuchungen über d. Zusammenhang u. s. w. p. 21.

Bilder bei demselben Foculabstande hervorgeht. Doch betrifft das immer nur, soweit ich erkannt habe, einzelne gerade verlaufende Fasern, die sich nicht mehr theilen. Nie kommen quere Verbindungen einzelner Kerne vor, sondern stets nur solche der Länge nach, und da immer mehrere Reihen von Kernen in einem Muskel vorhanden sind, so wird die Verbindung der einzelnen Reihen durch eine Theilung noch oberflächlich gelegener Fasern gemacht. Ich möchte glauben, dass, so lange die Faser sich noch theilt, sie dicht unter dem Sarkolemma liegt und dass erst ihre Enden gelegentlich einmal in das Muskelinnere zu den Kernen eindringen, was sonst für gewöhnlich durch die dünnen Protoplasmazüge besorgt wird.

Die schmalen, zarten, so oft transversal verlaufenden Fasern scheinen zum Theil im Sarkolemma, zum Theil so dicht unter ihm zu verlaufen, dass sie mit ihm fest verwachsen erscheinen. Denn einmal spricht dafür der gebogene Verlauf, den sie haben, wenn die Platte an der Seite des Bündels liegt — als ob sie Etwas umgriffen, — und dann der Umstand, dass nach Anwendung von Essig- oder Salzsäure der gequollene Muskel an diesen Stellen gefaltet und die Nervenplatten tief in ihn eingedrückt, wie durch Schnüre vom Rande her festgemacht erscheint, obgleich sie selbst dabei mächtig aufgebläht ist und den Muskelcontour oft bedeutend überragt. Ein anderer Theil dieser Fasern, und zwar gemeiniglich die feinsten und zartesten, liegen aber, wie sich aus der Verstellung des Objecttisches ergiebt, offenbar im Muskelinneren und schieben sich zwischen die Fibrillen ein, um sich in deren Zwischenräume zu verlieren. Jene entstammen wohl nur dem bindegewebigen Antheile der Platte, also dem sie überziehenden Sarkolemma und sind desshalb kaum etwas Anderes, als der blosse Ausdruck von streifenförmigen Verdickungen des Sarkolemmas selbst; diese dagegen entstammen dem nervösen Antheile der Platte und stellen Fortsetzungen desselben in das Muskelinnere dar.

Was nun endlich noch die Nervenplatten im Besonderen anlangt, so zeigen sie je nach ihrer Grösse und Mächtigkeit ein recht veränderliches Aussehen. Immer kann man in ihnen zwei Schichten erkennen, welche vornehmlich nach Zusatz von Wasser, Säuren, Alkalien, nach Behandlung mit Gold deutlich unterschieden sich zeigen. Die obere, dicht unter dem Sarkolemma gelegene Schicht ist zumeist dünn, gallertig-glashell, ziemlich homogen, nur von zerstreuten Körnchen und Pünktchen durchsetzt, die untere besteht aus den

beschriebenen, sogenannten nervösen Kernen und einer sie umgebenden, ebenfalls gallertigen, aber von Körnchen, Pünktchen und Fädchen vielmehr getrübten Masse. So sehr diese Unterschiede der beiden Schichten auch in die Augen springen mögen, eine wirckliche Trennung derselben ist darum doch nicht wohl zu statuiren. Der Unterschied zwischen ihnen wird hauptsächlich durch die Kerne gemacht, weniger durch die beiden anderen Substanzen. Denn diese gehen, so viel ich habe sehen können, ganz allmählig ohne irgend welche Begrenzung in einander über. Von vornherein hätten wir in den Platten also erstlich die Kühne'sche Endplatte und dann die granulöse Sohle derselben. Nach genauerer Besichtigung indessen finden wir, dass diese beiden Dinge innigst zusammenhängen, und darum wohl auch zusammengehören, und dass wir in den Platten nur eine Anhäufung von Kernen in einer granulösen Masse haben, welche in verschiedenem Grade quellungsfähig mit ihren am wenigsten veränderlichen Theilen an und zwischen den Kernen hängen bleibt, wenn entsprechende Reagentien einwirken, während die veränderlichen Theile aufquellen, das Sarkolemma mehr oder weniger erheben und dann unter demselben eine von den tieferen Partieen gesonderte, mehr homogene Masse darzustellen scheinen. Wir haben in der Nervenplatte danach also eine Anhäufung von Kernen, welche von einem in verschiedenem Grade differenzirten Protoplasma umgeben sind, das in der nächsten Nähe der Kerne fester, körniger und bisweilen selbst faserig, und an der Peripherie weicher und homogener, ja manchmal sogar ganz homogen zu sein scheint.

In dieses Protoplasma und allem Anscheine nach erst in den differenzirteren Theil desselben lösen sich die Axencylinder der zuführenden Nerven auf, und aus ihm sammeln sich die Axencylinder der wieder austretenden Fasern. Die Protoplasmazüge, welche sich in das Muskelinnere fortsetzen, sind wohl einfache Ausbreitungen des peripherischen Antheiles desselben. Die Nervenplatten an sich sind damit aber keine absoluten Endapparate, sondern sie sind dies nur für einen Theil des Muskels, dem, welchem sie angehören oder unter Umständen auch für ihn ganz und gar; zugleich aber sind sie auch noch eine Art von Ursprungsheerde für Endapparate, welche entfernter liegende Muskeltheile oder auch andere Muskeln überhaupt zu innerviren bestimmt sind.

Dessenungeachtet wollen wir diesen Platten der Gemeinsamkeit wegen doch auch den Namen »Nervenhügel« geben, da sie zu

demselben nicht allein durch ihre ganze Configuration das Recht haben, sondern, wie wir noch sehen werden, auch noch aus Gründen, welche sie trotz mancher Verschiedenheiten als volle Aequivalente derselben erscheinen lassen.

Hieraus ergiebt sich aber, dass die intramuskulären Fasern, soweit sie Kühne's intramuskulären Axencylindern entsprechen, keineswegs mehr als Analoga seiner Endplatten anzusehen sind, gleichsam eine aufgefaserte Endplatte darstellen, sondern dass sie eine ganz andere Bedeutung haben müssen. Es sind nach meiner Ansicht entweder nur Leitungsfasern, wenn wir wollen, von den betreffenden Platten zu dem Protoplasma von Muskelkernen, um durch dieses auf die contraktile Substanz zu wirken, mit welcher es in Contakt ist, oder in den Fällen, wo keine Platten vorhanden sind und die Endigung durch büschelförmiges Zerfahren der betreffenden Faser erfolgt, und wo, beiläufig erwähnt, die Auffaserung gemeiniglich eine sehr bedeutende, umfangreiche ist, stellen sie Fasern dar, welche als Umwandlungsprodukte des Protoplasmas von Nervenhügeln anzusehen sind, und damit in ihrer Totalität einen modificirten Nervenhügel selbst.

Halten wir das fest, so ergiebt sich, dass wir es mit verschiedenen Gruppen von Nervenhügeln zu thun haben und nicht blos genuine und modificirte, sondern, worauf es augenblicklich allein ankommt, auch solche unterscheiden können, in welche der vom Centralorgan kommende Nerv eintritt, und solche, in welche Nerven münden, die erst aus jenen oder überhaupt eine Stufe höher gelegenen Hügeln ihren Ursprung genommen haben. Wir können somit auch hier, wie bei den Arthropoden, von Nervenhügeln 1ster, 2ter, 3ter und letzter Ordnung reden. Die büschelförmige Endigung eines Nerven in der bekannten Weise würde nach unserer entsprechenden Auffassung immer einen Nervenhügel letzter Ordnung darstellen. Die meisten Muskelbündel besitzen nun blos diese oder überhaupt solche einer sekundären Ordnung. Wenige nur haben die grossen Platten, die Hügel 1ster Ordnung. Entwickelungs- und Wachsthumsvorgänge, wahrscheinlich auf Theilung zurückzuführen, dürften der Grund dafür sein.

Dieselbe Reserve, welche wir bei den Arthropoden machten, dass nicht alle Muskelkerne gleichwerthig zu sein brauchten, müssen wir auch hier machen, und ebenso müssen wir daran denken, dass in den Spalten, in welchen jene liegen, nicht blos das Protoplasma

dieser Kerne noch vorhanden ist, sondern ausser ihm wohl auch noch Stoffe sich befinden, welche zur Ernährung des Muskels in näheren Beziehungen stehen. Aber wie dem immer auch sei, einige der sogenannten Muskelkerne stehen zu dem nervösen Apparate in näheren Verhältnissen und die sichtbaren Verbindungen geben uns dafür den nöthigen Beweis.

Sehr deutlich schienen alle die mitgetheilten Vorkommnisse sich aus Chlorgoldpräparaten oder solchen, welche durch 24 Stunden in ½ % Salzsäure- oder 1 % Essigsäure-Lösung behandelt worden waren, zu ergeben. Die Muskelkerne waren in den ersteren (Fig. 13. 14.) von einem krümlichen, schwärzlichen Beschlage bedeckt und standen durch schwärzliche krümliche Massen der Länge des Muskels nach in Verbindung. Die Nervenhügel waren durch eben solche Niederschläge sehr deutlich geworden und ebenso die Fasern, welche aus ihnen entsprangen und schliesslich zu den Muskelkernen zu verlaufen schienen, indem die krümlichen Massen, welche sie einhüllten, in die übergingen, welche auf und zwischen den Kernen lagen. In den letzteren jedoch traten in Folge der Aufhellung der Muskelsubstanz und der Niederschläge in die Kerne und die sie verbindende interfibrilläre Substanz diese letzteren mit den nervösen Elementen in einem Zusammenhange hervor, der an Klarheit und Deutlichkeit kaum noch Etwas zu wünschen übrig liess. Selbst durch eine 1000fache, mittelst Immersionssysteme bewerkstelligte Vergrösserung war es unmöglich ihn aufzulösen.

Zur Frage über die Lage der Nervenhügel in Betreff des Sarkolemmas, ob sie ausserhalb oder innerhalb desselben liegen, haben wir uns schon für das Letztere entschieden, weil wir das Neurilemma des zuführenden Nervenstammes in das Sarkolemma übergehen sahen. Bei den grösseren Hügeln bekommt man nichtsdestoweniger doch öfters den Eindruck, als ob dieselben ausserhalb des Sarkolemmas lägen. Dies kommt indessen, wie ich glaube, nur daher, dass das Sarkolemma in solchem Falle sich faltig zwischen Nervenhügel und Muskelsubstanz einschiebt, so dass der mittlere Theil des Nervenhügels mit der Muskelsubstanz in direkter Beziehung steht, sein Umfang durch eine Duplicatur des Sarkolemmas jedoch von ihm getrennt wird. Wachsthumsverhältnisse scheinen auch hier die Ursache davon zu sein.

Nachdem wir uns so über den Verbleib und die Endigung des einen Antheiles der untersuchten Nervenfasern unterrichtet haben,

wenden wir uns zu demselben Zwecke dem zweiten Theile derselben zu und machen es wie vorhin. Wir fassen ein Bündel dieser Abtheilung in das Auge und zwar schon da, wo wir über seine Natur noch am wenigsten getäuscht werden können, d. i. bei seinem Abgange vom Hauptstamme. Wir haben in aller Kürze bereits erfahren, was geschieht. Das Bündel lockert sich, wird breiter. Seine Primitivfasern rücken auseinander, weil das dazwischen liegende Bindegewebe an Masse zunimmt und sie auseinander drängt. Dabei verlieren diese Fasern allmählig an Mächtigkeit ihrer Markscheiden, ja einzelne verlieren sie ganz und ziehen danach als marklose, nur von einer Schwann'schen Scheide bekleidete Axencylinder, wahre Remak'sche Fasern, weiter.

Das Verhalten dieser Fasern zu einander ist in ihrem weiteren Verlaufe aber keineswegs ein bestimmtes; sondern es wechselt und zeigt Verschiedenheiten mannigfaltiger Art. Schon sehr früh lösen sich von dem Stamme ihrer einzelne ab und verlaufen allein oder in Gesellschaft mit andern und dann mit diesen sich vielfach kreuzend, ungetheilt oder wiederholt dichotom sich theilend, längs und quer über die Muskelbündel hin, wobei sie, oft weite Strecken zurücklegend, sich zwischen die Muskelbündel einschieben und durchzwängen, dieselben schlingenförmig auch umgreifen und dann rückläufig werden, bis sie in eine Anzahl von Endästen zerfallen, sich an das Sarkolemma der einzelnen Muskelbündel anheften und daselbst in der Nähe eines Kernes allein oder in Gemeinschaft mit einer anderen Faser endigen, damit denn entweder frei, wie abgesetzt aufhören oder eine Art von Schlingen, freilich in einem anderen als dem gewöhnlichem Sinne bilden. In allen Theilungsstellen dieser Fasern liegen Kerne, einzeln oder zu mehreren, selten in einem grösseren Häufchen. Dieselben gehören bis zu einem gewissen Grade den Muskelbündeln an, zum Wenigsten in sofern, als sie mindestens mit dem Sarkolemma derselben fest verwachsen sind und bedingen dadurch, dass an jeder Theilungsstelle eine Anheftung der fraglichen Faser an das jeweilige Muskelbündel selbst stattfindet.

Im weiteren Verlaufe sondern sich von dem Stamme ganze Bündel von Fasern ab, die eine Zeit lang noch geschlossen fortlaufen, dann gelegentlich die eine oder die andere Faser abgeben, welche sich weiter verhält, wie die eben beschriebenen, und schliesslich sich ganz in solche weithin auseinander laufende Fasern auflösen oder in kurze Büschel, losen Pinseln, im Profile zierlichen

Fächern, ähnlich, zerfahren, um mittelst dieser wie die übrigen Fasern im Sarkolemma in der Nähe von Kernen sich zu inseriren, oder auch um ein Ende zu nehmen, wie wir es im Folgenden sogleich kennen lernen werden.

Der Rest des Stammes nämlich, wenn er nicht durch allmähliges Auflösen in seine Fibrillen in der eben dargestellten Weise sein Ende findet, endet auf einmal wie abgeschnitten in einem anscheinend strukturlosen, aber sehr kernreichen Gewebe, das sehr häufig zwischen den Muskelbündeln liegt, ihnen aber auch aufliegt und nicht selten mit ihrem Sarkolemma mehr minder fest verwachsen ist. Dieses Gewebe sieht aus wie Bindegewebe, verhält sich auch zum grossen Theile so wie dieses, indem es bei geeigneter Behandlung in den gewöhnlichen Säuren und Alkalien stark aufquillt oder sich auch auflöst, indem es von Oxalsäure, Kalkwasser, Barytwasser, der Budge'schen Mischung aus Salpetersäure und chlorsaurem Kali oder von Wasser, das bis auf 40° C. erwärmt worden ist, nachdem eine Behandlung mit sehr verdünnter Schwefelsäure vorhergegangen, sehr rasch angegriffen und demnächst vollständig zerstört wird und indem endlich Silber- und Goldpräparate zusammt der Ueberosmiumsäure es so gut als gar nicht färben, während Carmin und Indigcarmin nebst den Anilinfarben es rasch und intensiv tingiren. Aber in diesem strukturlosen Gewebe, nennen wir es Bindegewebe, liegen in seinen Maschen oder unter ihm, neben den erwähnten zahlreichen Kernen, rundliche oder unregelmässig rundlich-längliche Häufchen, oder grössere und kleinere Kügelchen einer hell glänzenden, etwas opalescirenden, gegen alle möglichen Reagentien auffallend resistenten Masse, welche der der Markscheiden wie ein Ei dem anderen gleicht, und darum wohl auch als Myelin, wennschon in vielleicht veränderter Form anzusehen ist, und ausserdem ein röthlich-gelbes in rundlichen Körpern auftretendes Pigment, wie es für gewöhnlich in reinem Bindegewebe nicht vorkommt und das sich von dem schwarzen, in verzweigten Zellen, namentlich der Adventitia der Gefässe angesammelten, himmelweit unterscheidet, aber dafür dem Hämatoisin Robin's, das in den Centralorganen des Nervensystems so häufig vorkommt, um so ähnlicher sieht, und deshalb wohl kaum eines anderen als nervösen Ursprunges ist. Dazu kommt, dass sich zwischen den Kernen, von denen sich die meisten als unzweifelhafte Bindegewebskerne charakterisiren, bei stärkeren Vergrösserungen (ca. 1000mal) etliche als den nervösen nahe verwandt darstellen, und dass ausser-

dem aus diesem Gewebe Fasern ihren Ursprung nehmen, die ein Verhalten an den Tag legen, das vollkommen dem gleicht, welches auch die zutretenden nervösen Fasern oder deren Stammverwandte, die sich schon früher von ihnen getrennt hatten, besitzen. Denn diese Fasern haben nicht blos dieselbe Verlaufsweise, sie trotzen auch bis zu einem gewissen Grade den gewöhnlichen Säuren und Alkalien, werden durch Oxalsäure, Kalk- und Barytwasser nur theilweise zerstört — ein in ihrer Mitte gelegener, feiner Faden bleibt noch stundenlang nach deren Einwirkung sichtbar — und nach Behandlung mit Chlorgold oder Ueberosmiumsäure färben sie sich nach einiger Zeit schwarz und bedecken sie sich mit von Zeit zu Zeit auftretenden kleinen, stark glänzenden, äusserst widerstandsfähigen kleinen Kügelchen (Myelintröpfchen?) wie feine Nervenfasern. Alle Umstände sprechen sonach dafür, dass das strukturlose Bindegewebe, in welches der besagte Nervenstrang einmündet, die Decke oder Hülle eines nervösen Apparates sei, der ausserhalb der Muskelbündel, öfters sogar einfach zwischen ihnen gelegen ist und theils einen Endapparat, theils aber auch wieder einen Anfangsapparat bestimmter Fasern und Fasersystemen bildet und damit ein Analogon der Nervenhügel repräsentirt, welche wir vorher kennen gelernt haben.

Um dieses noch plausibeler zu finden, sei erwähnt, dass diese Endapparate nach Behandlung mit Chlorgold, durch welche sie gewöhnlich stark aufquellen, oft in ganz circumscripten Formen erscheinen, und wenn sie einem Muskelbündel aufliegen oder ihm angewachsen zur Seite liegen, Kühne'schen Nervenhügeln mitunter so ähnlich sind, dass sie mit ihnen ganz leicht verwechselt werden können. Oftmals sehen sie schmutzig, röhlich-bräunlich aus von der Menge von Krümeln, welche mit dieser Farbe sich in ihnen, und vorzugsweise um ihre Kerne niedergeschlagen haben. Setzt man Essigsäure zu, so werden sie heller und glänzend, indem das massige Bindegewebe aufquillt und das spärliche Myelin stärker hervortritt. Setzt man darauf Kal. caustic. solut. im Ueberschuss zu, so löst sich das Bindegewebe allmählig auf und es bleiben eine Menge feinster Fasern zurück, die ab und zu mit Kernen besetzt sind, kleinere oder grössere hellglänzende Tröpfchen tragen und häufig einen röthlichen Schimmer zeigen. Einige breitere Fasern, welche dazwischen verlaufen, besitzen ein stärker glänzendes Aussehen und führen in ihrer Mitte eine rothe Linie. Dieselbe ist vielleicht mit

den eben erwähnten röthlich schimmernden Fasern in Zusammenhang zu bringen und als Ausdruck eines gefärbten Axencylinders zu betrachten. Sie kann aber auch weiter nichts als blosse Brechungserscheinung sein. Manchmal ist sie schon vor dem Zusatze von Essigsäure und Kal. caustic. vorhanden und deutlich wahrzunehmen, manchmal zeigt sie sich offenbar abhängig von der Einstellung und Beleuchtung, wie sie insbesondere durch das Heben und Senken eines um seine Längsachse beweglichen Objecttisches gegeben wird.

Wird einem Goldpräparate ohne Weiteres Kal. caustic. zugesetzt, so bekommt man Gelegenheit, im Ganzen dieselben Beobachtungen zu machen. Nur scheint es, als ob sich aus den Bindegewebsmassen eine grössere Menge glänzender, unregelmässig geronnener, von mir als Myelin angesehener Materie, loslöste oder in grösseren oder kleineren Klumpen über das Präparat vertheilte. Behandelt man endlich mit dem Kal. caustic. ein ganz frisches Präparat, so bekommt man nicht blos dieselben Erscheinungen zu Gesicht, sondern sieht daneben auch noch sehr deutlich die dem Gewebe zugehörigen Kerne, welche vorher durch allerhand Krümel bedeckt waren, und sieht unter diesen, meist wohl charakterisirten Bindegewebskernen vereinzelt auch mehr rundliche, dunkler contourirte, mit mehreren Kernkörperchen ausgestattete, welche den bereits mehrfach als nervösen Kernen bezeichneten durchaus gleichen. Die in dem Gewebe verhandenen Fasern erkennt man als feine Linien aber auch bei dieser Methode noch durch sehr lange Zeit, und es liegt somit auf der Hand, dass sie nur schwer von der ätzenden Flüssigkeit angegriffen werden, was bei reinen Bindegewebsfasern nicht der Fall ist.

Ganz analog dem Kal. caustic. verhält sich auch die Oxalsäure. Die Bilder, welche durch dieselben erzielt werden, haben mit denen, welche durch jenes gewonnen wurden, sehr viel Aehnlichkeit. Die mit Barytwasser etc. dagegen hergerichteten haben manche Nachtheile, da sie durch zahlreiche Niederschläge der resp. kohlensauren Salze getrübt werden.

Kurzum, ich zweifle nicht, dass die beschriebenen Bindegewebsplaques, welche gewissermaassen die Endausbreitung der Schwann'schen Scheide des zuführenden Nervenstranges sind, nervöse Masse enthalten und in der That nervöse Apparate zu bestimmten Zwecken darstellen. Unsere Untersuchung über die Endigung der feinsten Fibrillen wird das noch weiter bestätigen und, wie ich

glaube, sogar bis zu einem bestimmten Grade von Gewissheit erheben.

Verfolgen wir nämlich in einem Präparate, das durch 24 Stunden der Einwirkung einer ½% Salz- oder einer 1% Essigsäurelösung ausgesetzt gewesen war, eine der feinen Fasern, welche sich ab und an einzeln vom Nervenstamm losgelöst haben, bei stärkerer Vergrösserung, solcher, die durch Immersionssysteme erzielt worden ist und vielleicht das 1000fache beträgt, so finden wir, dass einzelne dieser Fasern noch weiter markhaltig geblieben sind, als bei schwächerer Vergrösserung es den Anschein hatte, dass sie den dadurch bedingten dunklen Contour ihres Axencylinders erst kurz vor ihrer Endung verlieren und somit als ächte Nervenfasern auch da noch legitimirt sind, wo sonst schon allen Zweifeln über ihre Natur Thür und Thor geöffnet zu sein pflegt. Bei der bei Weitem grössten Anzahl indessen finden wir davon Nichts, und der Axencylinder steckt nackt in der ihn umhüllenden Schwann'schen Scheide. Er wird jedoch als solcher auch in diesen Fällen durch die völlige Uebereinstimmung mit den bis beinahe zuletzt von Mark überzogenen charakterisirt und Zweifel über seine Natur können desshalb auch hier als völlig ausgeschlossen betrachtet werden.

Die Schwann'sche Scheide all dieser Fasern ist in Folge der Säure-Einwirkung mächtig aufgequollen und ihre äussere Begrenzungslinie steht in Folge dessen auffallend weit von der des Axencylinders ab. Ihre Kerne sind länglich oval, heller oder dunkler, von mehr gleichmässigem Gefüge, oder auch etwas körnig, und enthalten meist 2 scharf markirte Kernkörperchen. Der Axencylinder ist ebenfalls stark aufgequollen und dabei unregelmässig auseinander gegangen, so dass schmalere und breitere Stellen an ihm abwechseln. Er hat eine blass lila, vielleicht etwas ins Grünliche spielende Farbe und ein im Uebrigen, wie mich dünkte, ziemlich homogenes Aussehen. Er erscheint desshalb als ein lila oder auch grünlich gefärbtes, schwach glänzendes, unregelmässig breites Band, das in sanften Wellenlinien sich zwischen mehr starren, glashellen, kernführenden Fasern hinschlängelt. Schon ziemlich weit vor seinem Ende verschmächtigt er sich, zeigt sich zerrissen und in den Rissstellen statt seiner selbst nur einige mattglänzende, leicht opalescirende Kügelchen. Schliesslich endigt er, indem er sich einfach verliert. Allein rund um die Stelle, wo das geschieht, liegen grössere und kleinere, flache, unregelmässig begrenzte, ebenfalls leicht glänzende

und opalescirende Massen, die den als Myelin oder myelinartige Materie besprochenen ähneln. Dazwischen treten eine Anzahl grösserer Kerne auf. Dieselben sind von rundlicher Form, doch bald mehr elliptisch, bald mehr oval, bald mehr birnförmig. Sie sind ziemlich dunkel contourirt, wie aus einer Menge Küchelchen zusammengesetzt, von denen 2, 3, 4 die anderen bedeutend an Grösse und Glanz übertreffen, und wohl die eigentlichen Kernkörperchen sind, während die anderen vielleicht erst durch Gerinnung entstanden sein mögen. Etliche der Kerne erscheinen nackt, etliche von einem Protoplasmahofe umgeben und bei wieder etlichen ist dieser sogar ziemlich stark entwickelt. Er verliert sich dann häufig in eine schweifartige Verlängerung und kommunicirt in einzelnen Fällen vermittelst derselben mit andern gleichgearteten Kernen. Manchmal geht diese schweifartige Verlängerung in ausgesprochene faserartige Bildungen, welche theils in Bogen, theils geradlinig weiter gehen, oft Aeste abgeben, oft rundliche Verbreiterungen zeigen, wie wenn sie auseinander geflossen wären. Was sie jedoch sind, ist mir nicht ganz klar geworden, obgleich es mir scheinen wollte, als ob sich aus ihnen dann und wann auch einmal derbere Fasern sammelten, und dass diese wieder zu andern Punkten, ja selbt zu andern Muskelbündeln sich begaben, um erst da zu endigen. (Fig. 17.) Die in Rede stehenden Kerne gleichen ganz und gar den in den Nervenhügeln gelegenen, schon öfters als nervös bezeichneten, und ich möchte deshalb auch sie wieder für solche halten. (Vergl. Fig. 15. 16.) Das Recht dazu dürfte aber auch um so mehr vorhanden sein, als neben ihnen zugleich Kerne vorkommen, welche den beschriebenen neurilemmatischen ähneln und darum wohl bindegewebige sind, und als endlich die etwa zu beobachtenden Muskelkerne durch ihre Grösse, Flachheit, tiefere Lage, regelmässige Anordnung etc. auf den ersten Blick von ihnen unterschieden werden können. Mit einem Worte, auch an dem Endpunkte der einzeln verlaufenden mehr oder minder marklosen Nervenfasern zeigt sich nervöse Substanz abgelagert und die oben erörterten Verhältnisse an den Endpunkten ganzer Nervenstämmchen dürften daher um so mehr als das betrachtet werden können, wofür sie bereits ausgegeben worden sind, nämlich als nervöse Apparate zu ganz bestimmten Zwecken.

Wie verhält es sich aber da, wo dünne Nervenfaserbündel pinselförmig, oder im Profile gesehen, fächerförmig endigen? Da liegen die Sachen ebenso, und wenn dessenungeachtet doch Verschieden-

heiten zu bestehen scheinen, so fragt es sich nur, wie haben wir dieselben uns zu erklären.

Die bei Weitem grösste Anzahl der hier besprochenen Nerven endet als einzelne Fibrille. Eine ungleich geringere Anzahl endet als dünne Bündel mit büschelförmiger Auffaserung. Verhältnissmässig nur wenige enden noch zu Stämmchen vereinigt in grösseren, bindegewebsreichen Apparaten. Und aus diesen, wie auch aus den Büschen, vielleicht sogar auch noch aus grösseren Massen nervöser Substanz am Endpunkte einzelner Fasern, nehmen dazu erst noch wieder einzelne Fibrillen ihren Ursprung, bevor die wahre Endigung der vom Centrum hergekommenen Fasern erfolgt, so dass der volle Anschein erweckt wird, als ob die Endigung vermittelst einer Faser überhaupt das Gesetzmässige für diese Fasern selbst ist. Denken wir uns nun, dass von der früheren oder späteren Theilung des Stammes in seine Fasern es abhängt, ob dies oder jenes zu Stande kommt, so haben wir die Erklärung gefunden. Theilt sich der Stamm früh und rasch in seine einzelnen Fasern, so haben wir die Endigung in einzelne Fibrillen von vornherein. Theilt sich ein Bündel des Stammes erst spät, kurz vor seiner Endigung am Sarkolemma, so bekommen wir die büschelförmige Auffaserung. Bleibt endlich die Theilung ganz aus, oder vollzieht sie sich auch ganz plötzlich, was auf Eins herauskommt, so erfolgt die Endigung eines Stämmchens in einer grösseren Plaque. Was die Ursache davon ist, lasse ich dahingestellt sein; aber nicht unwahrscheinlich ist es, dass die gesammten Verhältnisse mit Vorgängen in der Entwickelung und dem Wachsthume in Einklang stehen.

So einfach nun auch diese Verhältnisse, wie ich zur Zeit glaube, daliegen, so schwer ist es hinter dieselben zu kommen und sich von ihrer Gegenwart zu überzeugen. Zwischen den beschriebenen Fasern giebt es eine ganz unglaubliche Anzahl von Bindegewebsfasern und unter allen Umständen und in jedem Augenblicke zu sagen, das ist eine Bindegewebsfaser und das ist eine Nervenfaser, das halte ich für rein unmöglich. Allein nicht bloss diese stören und erschweren die jedesmalige Diagnose; beinahe noch mehr thun es die Blutgefässe, zumal wenn sie, wie schon gelegentlich hervorgehoben worden ist, leer geworden und zusammengefallen sind, oder, was noch schlimmer ist, durch die Präparation ihr Aussehen verändert haben.

Schon an und für sich stören die Gefässe nämlich dadurch,

dass sie so ziemlich denselben Verlauf haben, wie die besprochenen Nerven und dass sie in diesem durch ihre grössere Masse und die sie erfüllenden Blutkörperchen die feinen dünnen Fäden jener verdecken; in Folge des Zusammenfallens und der Präparation stören sie aber dadurch, dass sie geradezu das Aussehen von Nervenfasern oder Faserbündeln annehmen. Denn in Bezug auf den gleichen Verlauf lässt sich konstatiren, dass die beregten Nerven, sei es, dass sie einzeln oder zu kleinen Bündeln vereinigt verlaufen, sich sehr bald nach ihrem Abtreten vom Stamm an ein Gefäss anlehnen und danach mit diesem weiter gehen. So lange sie nun noch markhaltig sind, kann man sie auch da noch leidlich erkennen. Sowie sie das Mark jedoch verloren haben, ist dieses beinahe unmöglich geworden. Hin und wieder trennen sie sich indessen wieder einmal von den Gefässen auf kürzere oder längere Strecken, namentlich an deren Theilungsstellen, und da kann man sich denn von ihrer Anwesenheit auch wieder einmal überzeugen. Im Allgemeinen ist dies aber schwer und nur einem glücklichen Zufalle zu danken, und kaum je wird man in Betreff ihrer Endigungsweise unter solchen Verhältnissen über alle Zweifel hinauskommen. Da müssen eben besondere Präparationsmethoden vorgenommen werden, und diese haben denn wieder die gerügten Nachtheile, so dass man sich fortwährend in Misslichkeiten bewegt. Um das so recht lebhaft vor Augen zu führen, sei unter Anderem nur Folgendes erwähnt.

Durch die sonst zweckmässigsten Behandlungsweisen, z. B. mit 1% Kochsalzlösung, mit 1% Essig- oder ½% Salzsäurelösung wird der Blutfarbstoff aus den Blutkörperchen ausgezogen. Diese letzteren bleiben deshalb als durchsichtige, kaum bemerkbare Scheiben zurück und nur ihre glänzenden Kerne allein erregen des Beobachters Aufmerksamkeit. Ist ein Capillarrohr mit ihnen gefüllt, so erhalten wir dadurch einen von unregelmässigen, glänzenden Kügelchen gebildeten Strang, welche in eine kernhaltige Bindegewebsscheide eingelassen ist und sich einer allerdings misshandelten, markhaltigen Nervenfaser nicht unähnlich zeigt, was noch dazu um so mehr geschieht, wenn auf die bluterfüllten Strecken des Gefässes leere folgen, und diese sich durch Umschlagen um Muskeln der Beobachtung entziehen und den sonst so charakteristischen Zusammenhang mit andern Capillarröhren verwischen. Dasselbe geschieht auch von Seiten der grösseren Gefässe, ja wird unter Umständen noch

verstärkt durch die so zahlreichen Kerne ihrer Muscularis. Denn die letzteren treten aus dem sonst ganz geklärten Gewebe scharf und glänzend hervor und sind in ihrem Complex und im Verein mit den Kernen der Blutkörperchen, den Streifen und Kernen der Adventitia und eines stark entwickelten Bindegewebes, das sie begleitet, sehr wohl im Stande, einen ganzen Strang markarmer Nervenfasern vorzutäuschen. Dennoch wird man in diesen Fällen sich durch Vorsicht immerhin vor den leicht möglichen Verwechselungen wahren können, wenn man nur alle irgendwie zweifelhaften Bilder ignorirt und sich lediglich an die ganz klaren hält, welche keine Zweifel mehr übrig lassen. Allein nicht so leicht ist das, wenn die Verhältnisse sich verzwicken und die betreffenden Gefässe, wie das so gewöhnlich geschieht, thatsächlich noch von dünnen Nervenbündeln begleitet werden und man von ihrer Anwesenheit sich fort und fort aber nicht durch scharfe Umrisse überzeugen kann. Wenn diese sich mit dem Gefässe zusammen zu einem der beschriebenen grösseren Plaques begeben und zum Theil vielleicht noch gar unversehrt durch diese hindurchgehen, wie ja Fasern gelegentlich auch durch die Kühne'schen Nervenhügel unversehrt durchgehen, so ist es meistentheils ganz unmöglich zu entscheiden, welchen Antheil sie selbst, und welchen Antheil das Gefäss mit dem begleitenden Bindegewebe an der Zusammensetzung derselben nehmen, und Täuschung ist allzu leicht möglich.

Zu denselben unbequemen Resultaten führen auch die meisten übrigen Behandlungsweisen, namentlich auch die mit Chlorgold, welche sonst ja so manche schöne Aufschlüsse giebt. Allein es bleibt nichts übrig, man muss sie vorläufig noch anwenden, weil bessere nicht vorhanden sind und weil man ohne sie gar nicht vorwärts kommt.

Was nun danach noch das Bindegewebe anlangt, so ist hervorzuheben, dass ein Theil desselben, welcher zu Verwechselungen Veranlassung geben könnte, bald in äusserst zarten, dünnen, bald in mehr starren und leicht glänzenden Fibrillen in mannigfacher Weise sich zwischen die einzelnen Muskelbündel einschiebt, sie hier mit grossen oder kleinen Maschen umspinnt, dort sich aber auch an sie mittelst eines Kernes inserirt und sich damit verhält ganz wie die feinsten Nervenfasern. Es stammt zum Theil von den Gefässen her, von deren Adventitia es von Zeit zu Zeit in verschieden dicken, sich dichotom theilenden, kerntragenden Fäden abgeht, zum Theil nimmt

es, wie Kühne[1]) gezeigt hat, seinen Ursprung von den Umhüllungen der Nerven her und ist in diesem Falle vornehmlich geeignet, Nervenfasern vorzutäuschen. Indessen Säuren und Alkalien und vor Allem Rücksichtnahme auf den Zusammenhang bei Anwendung starker Vergrösserungen werden in günstigen Fällen denn doch ein richtiges Urtheil zulassen und die ganze Frage zur Lösung bringen. Nur glaube man nicht, dass solche Fälle sich alle Augenblicke darbieten und die Abgabe eines entsprechenden Urtheils alle Zeit möglich sei, glaube darum aber auch wieder nicht, dass dergleichen überhaupt noch nicht zu ermöglichen sei. Denn trotz all der Schwierigkeiten, welche obwalten, auf die wiederholt aufmerksam gemacht worden ist, und deren ich mir immer bewusst gewesen bin, glaube ich dennoch ganz zuversichtlich, mich von der Richtigkeit der oben gemachten Angaben, dem Vorhandensein besonderer, markarmer und markloser Nervenfasern, denen die beschriebene eigenthümliche Endigungsweise zukomme, wiederholt überzeugt zu haben. Ich füge nichtsdestoweniger ausdrücklich hinzu, dass dies sehr häufig mir trotz alles Bemühens nicht möglich war, und dass ich glaube, dass derartige Fälle namentlich fürs Erste auch Anderen vorzugsweise begegnen werden. Mögen dieselben aber darum nicht gleich ein absprechendes Urtheil fällen. Die Materie verlangt, dass man sich in sie hineingearbeitet habe, selbst wenn man sonst noch so firm ist. Die Widersprüche der bedeutendsten Mikroskopiker rechtfertigen diesen Satz, so vermessen er auch von vornherein erscheinen mag.

Nach der Ansicht aller Autoren sind die zuerst besprochenen, bis zu ihrer Endigung markhaltigen Nervenfasern mitsammt ihren verschieden gestalteten Endapparaten motorischer Natur. Ich habe keinen Grund, dieser Ansicht entgegen zu treten, möchte aber dessenungeachtet mir doch erlauben, darauf aufmerksam zu machen, dass sie wohl auch mit den Ernährungsvorgängen im Muskel, die nun einmal nicht mehr ohne den Nerveneinfluss sich machen, und die ins Stocken gerathen, wenn dieser fehlt, wie z. B. bei der progressiven Atrophie etc., in Zusammenhang stehen, und dass sie wenigstens bis zu einem gewissen Grade oder Antheile trophischer Natur seien. Die zuletzt besprochenen, in ihrem Verlaufe marklos werdenden Fasern, ebenfalls mitsammt ihren grösseren und kleineren,

1) Kühne. Ueber d. peripherisch. Endorgane d. motor. Nerven. Leipzig 1863, p. 29.

wirklichen oder nur scheinbaren Endapparaten halte ich dagegen für sensibeler Natur und für identisch mit den von Reichert, Koelliker, Krause beschriebenen, weiter oben bereits näher bezeichneten Fasern. Dem steht damit indessen nicht entgegen, dass ich zu gleicher Zeit sie auch für identisch mit einem Theile derjenigen Fasern halte, welche von Kühne durchweg für Bindegewebsfasern angesehen worden sind und die auch nach meiner Meinung mit wirklichen Bindegewebsfasern die Muskeln umspinnen. Denn etliche der in Fig. XV. Taf. IV seines Werkes: »Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven« gezeichneten und als Bindegewebe bezeichneten Fibrillen gehören offenbar hierher; oder es haben in die Composition sich Irrthümer eingeschlichen. Insbesondere sprechen die merkwürdigen Gebilde, wie er sie unter Anderen bei i wiederzugeben versucht hat, und über die er sich keine sonderliche Rechenschaft hat geben können, in hohem Grade dafür. Er bildet daselbst eigenthümliche, unregelmässig geformte Massen ab, welche er für Knotenpunkte des Bindegewebsnetzes erklärt und zusammengesetzt sein lässt aus einer schleimigen Masse (Protoplasma?) und einem von ihr umgebenen Kern (Bindegewebskörperchen?). Es ist das immer eine sehr missliche Sache, das, was ein Anderer gezeichnet und gedeutet hat, umzudeuten. Allein Kühne selbst ist sich hier nicht sicher gewesen. Die Fragezeichen rühren von ihm her. Eine andere Interpretation der Bilder, als er, zu geben, ist darum auch vielleicht nicht so ganz ungerechtfertigt, zumal da seine Bilder sehr charakteristisch sind. Und da bin ich der Meinung, dass diese beregten Massen viel mehr zu den von mir als Myelin oder myelinartiger Materie bezeichneten passen, als zu einem mehr oder weniger ungeformten Protoplasma, für dessen sonstige Anwesenheit man keinen weiteren Anhalt hat, dessen Natur überhaupt zweifelhaft ist und dem, wie Kühne's Zeichnungen ergeben, auch oft noch der Kern fehlt, welcher es kennzeichnen und zu einem Knotenpunkte innerhalb des ganzen Bindegewebsnetzes machen soll.

Ist das Alles nun aber richtig, so kann man auch aus der ganzen Verlaufs- und Endigungsweise dieser fraglichen Fasern den Schluss ziehen, dass sie wie bei den Arthropoden nicht blos die gemeinen Gefühle vermitteln werden, sondern auch dem sogenannten Muskelgefühle, dem Muskelsinne vorstehen werden. Denn wenigstens bei einer Anzahl von ihnen ist Verlauf und Anheftung an das Muskel-

bündel dergestalt, dass jede Muskelkontraktion an ihnen auch eine Zerrung bewirken muss, deren Grad von dem Kontraktionsgrade abhängig sie eben als Muskelgefühl zum Bewusstsein zu bringen im Stande sind.

Ob unter diesen Fasern auch solche verlaufen, welche den Gefässen zugehören, wie Reichert, Koelliker, Krause anzunehmen gewillt sind, muss dahingestellt bleiben. Ich habe niemals auch nur einigen Anhalt dafür gewinnen können.

Im grossen Ganzen liegen somit nach Allem die Sachen so, wie bei den Arthoproden, nur dass sie ungleich mehr entwickelt sind, und dass statt der einzelnen Fasern, welche dort auftreten, hier ganze Faserbündel, ganze Nervenstränge zur Erscheinung kommen. Entsprechend der grösseren Gliederung aller Theile haben sich auch die Nerven mehr gegliedert und statt einer Faser für bestimmte Zwecke, welche wir dort finden, treten hier uns ganze Complexe entgegen und das sind eben die Bündel.

Zum Schlusse haben wir noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen. Wir haben wiederholt Gelegenheit gehabt zu erklären, dass die jetzt als sensibele Nerven bezeichneten Fasern ebenso wie eine Anzahl von Bindegewebsfasern am Sarkolemma endigten und zwar in der Nähe eines Kernes. Das Sarkolemma des Frosches soll nun aber keine Kerne haben, soll kernlos sein, und somit stände unsere Angabe im Widerspruche mit dem Herkömmlichen. Es mag das sein. Dem Sarkolemma als Sarkolemma mögen immerhin die Kerne fehlen. Aber dass in ihm oder über ihm, doch mit ihm verwachsen, Kerne vorkommen, ist keine Frage. Bei sorgfältiger Untersuchung unter Zuhülfenahme geeigneter Methoden wird man sich auch davon bald überzeugen. An einzelnen Stellen stammen diese Kerne, wie wir gelegentlich das schon erklärt haben, vom Neurilemma her, in anderen sind sie nervöser Natur. Ob für einen dritten Fall sich noch ein dritter Ursprung ergeben möchte, bleibe in suspenso. Festhalten wollen wir nur das, dass Kerne im Sarkolemma vorkommen, und dass etliche derselben in nachweisbaren Beziehungen zu Nervenfasern stehen.

Zu denselben Resultaten im Grossen und Ganzen kommen wir auch durch die Untersuchung der übrigen Lurche und zwar nicht bloss der Frösche, wie Rana esculenta, Bufo viridis, sondern auch der Salamander und ihrer Verwandten, z. B. der Salamandra maculata und des Triton taeniatus, welche ich vorgehabt habe. Um Weitläufigkeiten zu vermeiden, sei jedoch von vornherein bemerkt,

dass in Betreff der sensibeln Fasern nicht mehr herauszubekommen war, als bei Rana temporia gefunden worden, und dass ich mir desshalb für jetzt auch an der blossen Bestätigung ihres Vorkommens überhaupt genügen liess. Dagegen boten die motorischen Nerven und ihre Endapparate noch manches Abweichende der Erkenntniss dar, und da dieses so ganz und gar noch zu den unbekannten Dingen gehören dürfte, will ich es, soweit ich vermag, auch noch näher darstellen.

Kühne'sche Nervenhügel kommen, wie wir im Allgemeinen bereits angegeben haben, also auch bei diesen Thieren vor. Bei Salamandra maculata sind sie stellenweise sehr gross, vornehmlich lang, und umgreifen das Muskelbündel scheidenartig (Fig. 14. a.). Es sind das immer solche Hügel, in welche, wie bei Rana, ein ganzer Nervenstamm als zuführender Nerv einmündet. Stellenweise sind sie aber ebenso wie dort nur klein und es sind dies dann diejenigen, in welche nur eine einzige Faser sich einsenkt. Die Hügel enthalten sehr grosse runde Kerne, die glänzend, granulirt und mit mehreren kleinen Kernkörperchen ausgestattet sind, sich sehr auffallend von den langgestreckten, mit 2—3 grossen Körperchen versehenen Muskelkernen und beinahe ebenso von den mehr ovalen, platten und auch nur mit 2—3 grösseren Kernkörperchen versehenen Kernen des Neurilemmas, die auch auf das Sarkolemma überzugehen scheinen, unterscheiden. Aus den grösseren Hügeln entspringen vielfach blasse, meist nur wieder körnig-faserig erscheinende, der Gestalt und Lage des Hügels nach hauptsächlich transversal verlaufende Fasern, die in dem Muskelbündel bleiben und oftmals bogenartig dasselbe umgreifen, ferner Nervenstämme, die weiter ziehen, um an andern Muskeln zu endigen, oder mit einem Theile ihrer Fasern, vielleicht blos immer einer einzigen Primitivfaser zu dem Muskelbündel wieder zurückzukehren, um nunmehr in ihm und zwar in einem Hügel zu endigen, der in Bezug auf das Muskelbündel dem gleichwerthig ist, aus welchen sie entsprang. Solche Hügel, meist von rundlicher Form, sind sehr klein und dünn, und werden desshalb leicht übersehen. Sie bestehen fast immer nur aus einem halben, bis einem Dutzend Kerne und dem entsprechenden Protoplasma. Das letztere sendet verschiedene bandartige Fortsätze aus, welche den von den grossen Hügeln ausgehenden vollständig entsprechen, bald mehr transversal, bald mehr longitudinal verlaufen, um, wie es scheint, sich wenigstens theilweise mit dem Protoplasma

der Muskelkerne zu verbinden, theilweise aber auch, um sich in Bänder zu verdichten, welche eine direkte Verknüpfung mit dem grossen Nervenhügel herstellen, der im Bündel liegt und von dem gewissermassen Alles herstammt.

Wenn wir die grossen Nervenhügel, in welche ein zuführender Nervenstamm mündet, wie bei Rana als Nervenhügel 1ster Ordnung bezeichnen, bestehen hier wie dort auch solche 2ter resp. 3ter und letzter Ordnung. Die meisten Muskelbündel besitzen wie dort ganz allein diese letzteren und blos sehr wenige haben solche 1ster Ordnung, woran gewiss dieselben Gründe und Ursachen Schuld sind. Die Fasern, welche aus den Nervenhügeln hervorgehen, und unter ihnen hauptsächlich diejenigen, welche so häufig als transversal verlaufende erscheinen, haben wie dieselbe Erscheinungsweise, so wohl auch dieselbe Bedeutung, welche wir ihnen bei Rana zusprachen. Sie stellen wenigstens zu einem Theile ein intramuskuläres Nervensystem dar, welches die Aufgabe hat, die wir dort von ihm erörterten.

Ob bei Salamandra auch eine Endigung der Nerven durch büschelförmige Auffaserung, wie bei Rana vorkommt und wie Kühne angiebt, habe ich nicht gesehen. Für die Bedeutung der Endplatten bei ihnen dürfte aber der Umstand von Bedeutung sein, dass dieselben oftmals gelb punktirt erschienen von Körnchen, welche in das Protoplasma abgelagert waren, und dass diese Körnchen nach Säurezusatz sich auch in der Muskelsubstanz zeigten, zunächst um die Kerne und in den sie verbindenden Protoplasmareihen, sodann aber auch in verzweigten Reihen zwischen den eigentlichen Muskelbestandtheilen selbst. Sollten diese Körnchen nicht vielleicht dieselbe Bedeutung haben, welche wir den gelben Pigmenten der Endapparaten der sensibeln Nerven zuschrieben, nämlich Produkte und damit Zeugen nervöser Substanz zu sein?

Bei Triton sind die Dinge so fein und zart, dass es mir nicht gelungen ist, viel Bestimmtes herauszubekommen. So viel jedoch kann ich sagen, Nervenhügel in ihrem Gesammtverhalten und die von ihnen ausgehenden Nervenfasern, namentlich auch die mehr transversal verlaufenden, zum Theil in das Muskelinnere strebenden, feinen Fäden sind vorhanden. Ob aber ein weiter verzweigtes System von intramuskulären Fasern, ebenfalls wie bei Rana vorkommt, vermochte ich nicht weiter zu erkennen. Doch ist das im Ganzen auch gleichgültig. Das Wesentliche ist, dass überhaupt auch bei den

Lurchen Nervenhügel vorkommen und zwar in sehr grosser Verbreitung, dass diese unter einander vielfach in Verbindung stehen, sich als Nervenhügel 1ster, 2ter resp. 3ter und letzter Ordnung gliedern lassen, und dass erst von diesen die vorhandene intramuskuläre Faserung ausgeht, welche auf die Muskelsubstanz zu wirken bestimmt ist.

Es besteht somit in den Muskeln dieser Thiere ein ganz merkwürdiges System motorischer Nervenappate. Dasselbe ist zusammengesetzt aus den beschriebenen Fasern und Nervenhügeln und ist halb ein extramuskuläres, ausserhalb des Sarkolemmas gelegenes, halb ein intramuskuläres, von diesem umschlossenes. Dem extramuskulären, wie dem faserigen Antheile des intramuskulären kommt wohl nur die Bedeutung eines Leitungsapparates zu. Es sind Telegraphendrähte, welche Erregungszustände weiter befördern. Die Nervenhügel dagegen sind die Stationen, wo selbstständige Arbeit vollführt wird und die Uebertragung von der äusseren Leitung auf die innere vor sich geht. Das System ist auf diese Art ein sehr complicirtes, keinesweges so einfach, als man bisher angenommen hat; dennoch ist es auch nicht so verwickelt, dass man seine Wirkungsweise nicht zu begreifen im Stande sein sollte.

* * *

Die Aufschlüsse über die feineren Verhältnisse unseres Gegenstandes, welche uns die Lurche gegeben haben, liefern uns mit verhältnissmässig nur geringen Abweichungen endlich auch die übrigen Wirbelthiere. Insbesondere herrscht in Bezug auf die von mir als sensibele Fasern bezeichneten, soweit meine bisherigen Untersuchungen mich gelehrt haben, grosse Uebereinstimmung, um nicht zu sagen, völlige Identität. Bei den Fischen, bei den Echsen, bei den Vögeln und Säugern habe ich immer und immer wieder dieselben Bilder, aber freilich unter gar mannigfach wechselnden Verhältnissen gefunden. Das eine Mal waren sie leichter, das andere Mal schwieriger zu erkennen, je nachdem das Gefässsystem entwickelt war, die Blutkörperchen grösser oder kleiner, kernführend oder kernlos waren, das Bindegewebe sparsamer oder massiger auftrat, ärmer oder reicher an elastischen Fasern sich zeigte, und endlich auch je nach der Methode, welche gerade in Anwendung gezogen worden

war. Vorzugsweise waren es jedoch die zuletzt erwähnten elastischen Fasern, welche in einem nach der Kühne'sche Methode aus dem noch zuckenden Muskel hergerichteten Präparate, sobald sie einigermassen zahlreich auftraten, selbst bei Anwendung von Immersions-Systemen die Frage nicht zur Entscheidung kommen liessen. Denn wenn solche Fasern z. B. in nur geringer Entfernung von einander parallel verlaufen, so sind sie zusammengenommen von gewissen marklosen Nervenfasern nicht zu unterscheiden und im höchsten Grade geeignet, mehr sehen zu lassen, als vielleicht zu sehen ist, anderweitig aber auch den Beobachter zu jeder Negation geneigt zu machen.

Nichtsdestoweniger kann man sich meiner Meinung nach bei einiger Geduld und bei Beachtung der angegebenen Cautelen dennoch von den beschriebenen Vorkommnissen überzeugen und ich glaube dies selbst in ganz frischen, d. h. ohne jede Zusatzflüssigkeit dargestellten Muskelpräparaten sowohl der Fische als auch der Eidechsen bei Anwendung von Immersionssystemen wiederholt gethan zu haben. In Salz- und Essigsäure-Präparaten, nach der bei Rana angegebenen Weise hergerichtet, bin ich aber sogar gewiss zum Wenigsten bei Lacerta agilis und viridis ganz dieselben deutlichen Bilder gesehen zu haben, wie bei Rana selbst und die Fig. 17 könnte deshalb ebenso gut ein solches von Lacerta darstellen, wie sie es von Rana zu thun bestimmt ist. Die von mir als nervöse Kerne, welche nicht immer zu Häufchen, sondern öfters nur vereinzelt dalagen und die als Myelinhäufchen bezeichneten Körper, ferner die eigenthümlichen Pigmente und bei Lacerta viridis auch noch ganz merkwürdige Concretionen glänzender körniger Massen, grossen Protoplasmaballen ähnlich, als welche sie sich auch später erwiesen, die aber auch sonst noch, indessen immer nur ganz in der Nähe von Nervenstämmen, also im Bereiche nervöser Substanz, vorkamen, haben mir wiederholt wie ein Steckbrief gedient, und wenn ich dann genauer Umschau hielt, habe in dem übrigen Fasergewirr ich nur selten den zuführenden Nerven vermisst. Und doch habe ich als solchen stets nur eine dazu qualifizirte Faser angesehen, wenn sie rückwärts verfolgt ihren Uebergang in eine markhaltige Faser zu erkennen gab.

Bei Anwendung geringerer Vergrösserungen sah ich entsprechende Bilder aber auch bei Vögeln und Säugethieren und ist eines derselben, dasjenige, welches mich überhaupt auf die vorgetragene Idee

gebracht hat und mir in einem Präparate aus dem Psoas des Meerschweinchens zu Gesicht kam, in Fig. 26. (b. d. c. f.) wiederzugeben versucht worden.

Dessenungeachtet sehe ich mich doch veranlasst, noch auf manche Sonderbarkeiten hinzuweisen, welche bei den einschlägigen Untersuchungen leicht aufstossen und zu einer schiefen Beurtheilung die Ursache abgeben können. Gar nicht selten haben z. B. die als eine Art Endplaques beschriebenen Gebilde, wie auch manchmal bei Rana, eine in sich mehr abgeschlossene Form und imponiren zumal nach der Behandlung mit Goldchlorid, auf welche eine weitere mit Kali caustic. oder Acid. acetic. folgte, als Kühne'sche Nervenhügel und nur die genaue Beobachtung ihres weiteren Verhaltens schützt vor Verwechselung mit ihnen. Ja bisweilen lassen sie sich gar nicht von ihnen unterscheiden und zwar hauptsächlich darum, weil sie allem Anscheine nach mit solchen Hügeln zusammen liegen, wozu die Theilung des zuführenden Nervenstammes in seine motorische und sensibele Partie erst kurz, ja unmittelbar vor dem Eintritte in die bezüglichen Apparate die Veranlassung giebt. Jenes Verhalten beobachtete ich unter andern bei Anguis fragilis und Fringilla domestica, dieses bei Lacerta viridis und das noch dazu in blossen Salzsäurepräparaten. (Fig. 18. 21.) Unter Umständen hört indessen trotzdem und alle dem jedwede genauere Deutung auf, und es bleibt, obschon das Bild klar und durchsichtig ist, ganz im Ungewissen, was man eigentlich vor sich hat. Einen Fall der Art habe ich in Fig. 24 darzustellen gesucht. Ich stiess auf ihn in den Nackenmuskeln eines jungen Kaninchens. Es sieht aus, als ob man reine Kühne'sche Nervenhügel vor sich hat und doch ist ihr Verhalten zu den mit ihnen zusammenhängenden Fasern so geartet, dass man eher an sensibele Plaques denken möchte. Kurzum, wiewohl ich glaube zu einer bestimmten Anschauung in Betreff der sensibeln Nerven in den quergestreiften Muskeln gekommen zu sein, giebt es doch noch immer in Bezug auf sie eine grosse Menge von Räthseln, welche ich nicht zu lösen vermocht habe und von denen ich auch nicht glaube, dass sie im Allernächsten gelöst werden dürften. Die Materie ist zu heikel und nur mühsam lässt sie sich in die Formen unserer Erkenntniss hinein zwängen.

Was nun noch im Speciellen die motorischen Fasern und ihre Endigungen anlangt, so wollen wir ihre Erscheinungsweise je nach

den einzelnen Thierklassen vorführen und besprechen und zunächst mit den Fischen den Anfang machen.

Bei den Fischen, von denen die Augenmuskeln von Perca, Clupea und Leuciscus, die Flossenmuskeln von Leuciscus (Kehlflossen) und Pleuronectes, die Kiemendeckel- und Rumpfmuskeln von Clupea untersucht wurden, treten die markhaltigen Nervenstämmchen oder deren Primitivfasern, nachdem diese letzteren sich erst noch wiederholt dichotom oder büschelförmig getheilt haben, in die sehr dünnen, langgestreckten und darum erst nach einiger Uebung leichter zu erkennenden Nervenhügel ganz in der Weise ein, wie wir es bei den Lurchen kennen gelernt haben. Das Neurilemma d. i. die Schwann'sche Scheide geht in das Sarkolemma über, das Nervenmark verliert sich und der Axencylinder löst sich in die Elemente des Nervenhügels auf.

Die Nervenhügel aber bestehen auch hier aus einer Anzahl von Kernen und einer Zwischensubstanz. Die Kerne liegen verhältnissmässig weit auseinander, sind rundlich oder oval, ziemlich flach, leicht glänzend, wie granulirt, mit mehreren meist sehr kleinen Kernkörperchen und einem deutlicheren oder undeutlicheren Protoplasmahofe umgeben. Von den Kernen des Neurilemmas resp. des Sarkolemmas, zum Wenigsten über den Hügeln unterscheiden sie sich durch ihren stärkeren Glanz und ihr granulöses Aussehen. Denn diese sind matt und anscheinend glatt. Von den Kernen der Muskelsubstanz sind sie schwerer, mancherorts gar nicht recht zu unterscheiden. Die Zwischensubstanz erscheint zum Theil glashell, zum Theil körnig-faserig und von grösseren und kleineren glänzenden oder dunkeln Kügelchen durchsetzt. Dieselbe ist auch hier in verschiedenem Grade quellungsfähig und lässt dies auch vorzugsweise nach Einwirkung von Säuren und Alkalien erkennen. Der quellungsfähigste Theil erscheint denn auch hier in der Form der Kühne'schen Endplatte.

Von der Muskelsubstanz sind die Nervenhügel, wenn sie am Rande des Muskels liegen, ganz scharf abgesetzt, bisweilen so, dass es aussieht, als ob sie über dem Sarkolemma liegen, und ob das nicht hin und wieder wirklich der Fall ist, in der bei Rana erörterten Weise, darüber bin ich mir nicht sicher geworden. Von den Nervenhügeln entspringen breitere und schmalere Fasern, welche sich rasch und unregelmässig vertheilen und von Kern zu Kern ziehend eine bald mehr longitudinale bald mehr transversale Richtung

haben, dabei um die Muskelbündel herumlaufen und sie in verschiedener Weise umschlingen. Die breiteren dieser Fasern sind oft markhaltig (Fig. 19. 20) und liegen über dem Sarkolemma, was hauptsächlich daraus hervorgeht, dass einzelne Aeste derselben sich mitunter von dem Sarkolemma ablösen und seitlich von dem Muskelbündel in der Zusatzflüssigkeit herumschwanken. Die Kerne, zu denen sie anscheinend ziehen, sind desshalb auch nur neurilemmatische. Sie gehören einer Fortsetzung des Sarkolemmas an, welches sie durchbrochen und als Schwann'sche Scheide mitgenommen haben. Die schmaleren Fasern liegen zum Theil wenigstens im Innern des Muskelschlauches. Denn wenn nach Zusatz von z. B. Essigsäure der Muskel aufquillt, schnüren sie den Muskelinhalt aber nicht das Sarkolemma ein. Dieses geht vielmehr an der betroffenen Stelle abgehoben von der Muskelsubstanz brückenartig über sie hinüber. Auch diese Fasern ziehen von Kern zu Kern, bis sie sich feiner und feiner geworden aus dem Gesichtskreise verlieren. Diese Kerne müssen aber danach in der Muskelsubstanz liegen, müssen Muskelkerne sein. Allein bei Weitem nicht alle Muskelkerne sind durch diese Fasern verbunden. Die meisten derselben liegen ganz frei zwischen den Elementen der contraktilen Substanz, höchstens umgeben von einem matten Hofe ihres Protoplasmas. Die genannten Fasern verbinden also auch eine Anzahl von Muskelkernen unter einander, geradeso wie bei den Lurchen, und wenn eine Verbindung auch unter einer Anzahl der noch übrigen Kerne besteht, so muss diese sich durch die flüssige Substanz machen, welche das ganze Muskelinnere durchdringt und wenigstens bis zu einem gewissen Grade auch hier Partikel des Protoplasmas enthält, das an einzelnen Kernen noch deutlicher zu erkennen ist.

Die den Nervenhügeln entsprungenen breiteren, zumeist markhaltigen Fasern haben eine doppelte Endigungsweise. Nachdem die Fasern durch wiederholte Theilung sich verfeinert und ihr Mark verloren haben, läuft ein Theil derselben, das Muskelbündel netzig bestrickend, oder auch auf andere Muskelbündel übergreifend anscheinend in freie Enden aus, oder verbindet sich mit andern Enden zu Schlingen, doch so, dass beides wie bei den Lurchen stets in der Nähe eines Kernes erfolgt, und ein Theil endet, ebenfalls wieder wie bei den Lurchen in Nervenhügeln zweiter vielleicht auch erst dritter Ordnung. Von diesen gehen dann intramuskuläre Fäden aus und die verbinden sich dann mit solchen, welche auch aus

andern Nervenhügeln stammen, und ist das zufällig der 1ster Ordnung, so auch mit diesem. — Ausserdem stehen die einzelnen Nervenhügel auch noch äusserlich d. h. durch extramuskuläre, öfters sogar markhaltige Fasern in Verbindung. Manchmal verschmelzen sie auch ohne dies, indem wie bei den Krebsen durch kernhaltige Protoplasmazüge der Zusammenhang vermittelt wird. In andern Fällen sind dagegen mehrere Hügel vorhanden, neben einem grossen, umfangreichen ein oder mehrere kleinere. Hie und da scheint in solchen Fällen zwischen dem grossen Hügel und der Muskelsubstanz gar keine nähere Beziehung zu bestehen. Er sendet nur derbere oder zartere Fasern zu den kleineren Hügeln aus und von diesen erst gehen die eigentlichen Muskelfäden in das Innere ab. Ein ander Mal hingegen stehen diese kleinen Hügel in direkter Verbindung mit dem zuführenden Nerven, indem schon dieser Aeste zu ihnen abgiebt. Es sind dieses alsdann keine Nervenhügel 2ter Ordnung mehr, sondern solche 1ster Ordnung, wie wir sie gleichfalls schon bei den Lurchen getroffen haben, und vielleicht blosse Ablösungen von dem grossen Hügel, eine Art Nebenhügel, erfolgt durch das Wachsthum. Mit einem Wort, es sind auch hier die allermannigfaltigsten Abänderungen in der Erscheinung vorhanden und liegt keineswegs immer das einfache Schema vor, das man bis jetzt von den Nervenhügeln und ihren Beziehungen unter einander und zur Muskelsubstanz entworfen hatte. (Fig. 19, 20.) Allein wie immer auch dieses Verhalten sein mag, es lässt sich stets ein extramuskuläres und ein intramuskuläres Fasernetz erkennen, welche zum Theil, wenigstens dem Anscheine nach vollständig getrennt bleiben, zum Theil aber auch wie bei den Lurchen, durch Nervenhügel 2ter und 3ter Ordnung in Verbindung stehen, um dieselbe Leistung verrichten zu können wie dort.

Bei den Reptilien, von denen ich Lacerta agilis und viridis nebst der Anguis fragilis zu untersuchen Gelegenheit hatte, ist die Sache kaum anders. Dennoch möchte ich auf die fraglichen Verhältnisse noch einmal näher eingehen, weil gerade von diesen Thieren so sehr bestimmte Angaben gemacht worden sind und ich dieselben nicht alle in vollem Umfange bestätigen kann.

Dass hier Nervenhügel vorhanden sind, ist ja allerseits anerkannt. Auf die von Lacerta hin hat ja Kühne insbesondere seine Theorie von den nervösen Endplatten und der dazu gehörigen Sohle aus Muskelbildungsmaterial gegründet. Sie haben also nicht das

Interesse, wie die der Lurche und Fische. Allein die hier vorkommenden Hügel zeigen sich doch mannigfach anders, als sie beschrieben worden sind, und ihr Verhalten zu den Nervenfasern, zu den Muskelbündeln, zu sich unter einander, ist vielfach abweichend von dem, was man sich gedacht hatte.

Auch bei den Reptilien treten 1. ganze Nervenstämme auf einmal in einen Nervenhügel ein, stehen 2. die Nervenhügel zum Theil unter einander in Verbindung und gehen 3. Protoplasmazüge von den Hügeln in das Muskelinnere, nach den in ihm gelegenen Kernen hin, so dass geradeso wie bei den Lurchen und Fischen ein extramusculäres und intramusculäres Fasersystem besteht, zwischen welchen die Nervenhügel als Knotenpunkte eingeschoben sind. Allein da hiebei noch manche Besonderheiten obwalten, welche für die Auffassung des Ganzen vielleicht noch einmal von Wichtigkeit werden können, wenngleich sie auch im Augenblick diese Wichtigkeit noch nicht zu besitzen scheinen sollten, so wollen wir uns die Sache nichts desto weniger ab ovo ansehen. Wir fassen indessen blos die Eidechsen ins Auge, weil die Untersuchungen bei Anguis mich zu keinen klaren Anschauungen geführt haben.

Also auch bei diesen Thieren münden wie bei den Lurchen und Fischen nicht blos einzelne Nervenprimitivfasern, sondern selbst ganze Bündel derselben in einen Nervenhügel ein. Dabei ist es jedoch nicht nothwendig, dass alle Theile des Bündels sich in demselben auflösen, sondern ebenfalls wie dort, so ereignet es sich auch hier, dass nur ein Theil seiner Fasern dieses thut, während der andere scheinbar durch ihn hindurch, in Wahrheit wohl aber über ihn hinwegzieht. Aus dem betreffenden Nervenhügel nehmen dann Fasern ihren Ursprung, um zu andern Nervenhügeln zu gehen und aus diesen entspringen sodann oft wieder noch Fasern, welche abermals in Nervenhügel einmünden und so fort, bis der letzte Hügel erreicht ist. Dieser bildet nunmehr entweder eine Art freies Ende des jeweiligen Fasersystemes oder er tritt auch wieder durch Fasern mit einem Hügel einer höheren Ordnung in Verbindung und schliesst somit gewissermassen einen Kreis ab, welcher in einem bestimmten Abschnitte jenes Fasersystemes gelegen ist. Nervenhügel 1ter, 2ter, 3ter, letzter Ordnung kommen also auch hier vor und stehen in all den äusseren Verbindungen, welche wir früher und anderweit schon kennen gelernt haben. Bei Lacerta agilis habe ich aber ausserdem noch einige Abweichungen von diesem Modus der Muskel-

innervation zu beobachten vermocht. Hier liefen nämlich bisweilen einzelne Primitivfasern quer über eine Anzahl von Muskelbündeln hin. An jedes derselben gaben sie dabei einen kurzen aber sehr kräftigen Ast ab, und jeder von diesen wieder trat in einen exquisit schönen Nervenhügel ein. Viele von diesen Nervenhügeln waren Hügel letzter Ordnung, einzelne jedoch in Bezug auf andere auch solche einer höheren Ordnung. Denn von ihnen gingen wieder Fasern aus, welche zu sekundären Hügeln traten, und darunter auch zu solchen, welche keineswegs mehr in demselben, sondern in ganz andern Muskelbündeln lagen. Mitunter ging von einem solchen Hügel sekundärer oder tertiärer Ordnung dann wieder ein Faserzug nach einem Hügel primärer Ordnung und Verbindungen aller Art waren extramuskulär auch auf diese Weise, wenn auch in anderer Form zu Wege gebracht.

Allein auch dieselben intramuskulären Verbindungen, welche wir bei den Lurchen und Fischen vorgefunden haben, giebt es bei den Reptilien. — Die Nervenhügel liegen unter dem Sarkolemma. Darin stimme ich mit Rouget, Kühne, Engelmann und den Anderen überein. Sie sind bald sehr kernreich und dann gross und umfänglich, weit über das Muskelbündel ausgedehnt, so namentlich bei L. viridis, bald sind sie nur kernarm und dann klein und auf einen geringen Raum beschränkt. Bei Lacerta agilis sah ich in den dünnen vom Thorax nach der Haut gehenden Muskeln auch solche, welche nur aus einem einzigen Kerne bestanden und den Kühne'schen Endknospen des intramuskulären Axencylinders im Froschmuskel nicht unähnlich waren, im Uebrigen aber sich wie wirkliche Nervenhügel verhielten.

Die Kerne der Nervenhügel sind rundlich oder länglich-rund, oval auch birnförmig, granulirt und mit mehreren Kernkörperchen ausgestattet. Sie sind von verschiedener Grösse und die grössten, aber zugleich auch die am Unregelmässigsten geformten, hauptsächlich am längsten ausgezogenen, so wollte es mir scheinen, liegen am Rande des Hügels, am Uebergange nach dem Muskel hin. Sie werden durch Chemikalien im Ganzen nur wenig angegriffen, durch schwache Säuren und Alkalien im Allgemeinen etwas heller und glänzender. Sie sind von einem körnigen Protoplasma umgeben und scheinen in ihrem Gesammttheile, wie auch anderwärts, gleichsam in dieses eingebettet zu sein. Von den Muskelkernen unterscheiden sie sich in mehrfacher Beziehung. Denn diese sind viel

grösser, sehr flach und lang gestreckt, bloss bei c. 1000maliger Vergrösserung mit nur 1—2 hellen Kernkörperchen und einer Reihe schwerer erkennbarer dunklerer Körperchen, die der Längsachse nach gestellt sind, versehen. Nach Einwirkung von 1% Essig- oder ½% Salzsäurelösung schrumpfen sie zusammen, erscheinen mehr oval, mit den hellen Kernkörperchen und einer Reihe nunmehr deutlicher unklerer Körperchen, welche der Längsachse nach gestellt sind, ausgestattet. Sie liegen in grossen Spalträumen, welche der Länge nach unter einander kommuniziren und stellenweise einen punktförmigen, körnigen oder krümlichen Inhalt erkennen lassen, der wieder die Kerne unter einander verbindet. Wenn die Kerne auf der Kante stehend gesehen werden, so erscheinen sie stäbchen- beinahe strichförmig, S-förmig verbogen, geschlängelt, schillernd und kommen vornehmlich ihre medianen Kernreihen zum Ausdruck. — Von den Kernen des Neurilemmas unterscheiden sie sich ebenfalls. Denn diese sind zwar kaum grösser als die nervösen Kerne, aber sie sind regelmässiger länglich-elliptisch, glatt, homogen oder körnig und so wie die Muskelkerne nur mit 1—2 Kernkörperchen ausgerüstet.

Die Nervenhügel sind bei Lacerta im Ganzen flach. Das Protoplasma ihrer Kerne ist nur spärlich entwickelt; aber dennoch kann man sehen, dass es nicht auf den eng umschriebenen Raum beschränkt ist, welchen man ganz allgemein ihm angewiesen hat. Es setzt sich in feinen, zungenförmigen Ausläufern über die contractile Muskelsubstanz, dicht unter dem Sarkolemma hin fort oder dringt auch zwischen die Muskelfibrillen ein, wie bei den Lurchen, und zieht dann nach Kernen, welche zwischen diesen Fibrillen liegen, also Muskelkerne sind. Ich habe das einige Male bei beiden Arten der Lacerta gesehen, allerdings schwach und erst nachdem das Auge darauf eingeübt war, aber es war für mich überzeugend und ganz besonders nachdem den Präparaten Essigsäure zugesetzt worden war.

Doch nicht blos die eben beschriebenen Protoplasmafortsätze gehen von den Nervenhügeln aus, sondern auch ganz breite, eine Anzahl Kerne führende Züge zweigen sich ab, und wenn man ihnen folgt, so sieht man, dass sie nach längerem oder kürzerem Verlaufe in einen Nervenhügel einmünden, und auf solche Weise jenen mit diesem verbinden. Ja nicht so gar selten gewahrt man, dass an einzelnen Stellen dieses Protoplasma sich zu einer breiten, blassen aber soliden Faser verdichtet und dass somit jene Verbindung wie bei den Fischen auch durch Fasern zu Stande gebracht wird.

Wenn die Verbindung zwischen zwei derartigen Nervenhügeln sehr breit ist, so sieht es aus, als ob man nur einen einzigen, sehr lang gestreckten und an seiner Basis unregelmässig zusammengeschnürten Hügel vor sich habe und dass, gleichfalls wie bei den Fischen, zwei Nervenfasern in ein und denselben Hügel sich einsenkten. Eine ganz wunderbare Erscheinung, die indessen mit den bei den sensibeln Fasern bereits berührten (p. 533 u.ff.) in Einklang stehen mag, ist die, dass stellenweise über solchen Protoplasmazügen, die ihr Analogon in dem Protoplasmamantel der Krebse finden, im Sarkolemma Falten sich zeigen, und dass von diesen Falten Fasern ausgehen, welche weiter verfolgt an ein anderes Muskelbündel treten und zwar an einer Stelle, wo in demselben eine kernhaltige Protoplasmaanhäufung sich findet, eine Art Nervenhügel zum Vorschein kommt. Kurzum man findet auch eine zum wenigsten ebenso complicirte intramuskuläre Kommunikation zwischen den einzelnen Nervenhügeln der Echsen, wie bei den früher beschriebenen Thierklassen, und es ist mir nur wunderbar, wie dieselbe so gänzlich hat übersehen werden können, da ich sie auch bei c. 1000maliger Vergrösserung mittelst Immersionssysteme glaube wiederholt habe konstatiren können.

Das Protoplasma der Kerne der Nervenhügel von Lacerta ist quellungsfähig, wie das von früher besprochenen Thierklassen und zwar quillt es, auch wie bei diesen nicht gleichmässig, sondern je nach seiner Entwicklung in verschiedenem Grade auf. Allein weil es nur spärlich vorhanden ist, quillt es auch nicht in dem Maasse auf, wie bei Thieren, wo es reichlicher angesammelt ist und die Nervenhügel erscheinen trotz gegentheiliger Angaben nicht so glasig und prominent wie dort. Auf dieser Quellungsfähigkeit des Protoplasmas, namentlich an der Oberfläche der Hügel, mehr aber noch auf der Loslösung des Markes von dem in den Hügel eingetretenen Nerven, der sich wiederholt dichotom theilt, ehe er, marklos geworden, als nackter Axencylinder sich in das Protoplasma auflöst und so lange auch über demselben liegt, auf diesen Verhältnissen beruht zum grossen Theile die Bildung der Kühne'schen Endplatte. Ich halte sie gerade in ihrer prachtvollsten Erscheinung für ein reines Kunstprodukt. Sie ist nur schwach und einem sehr geübten Auge in einem ganz frisch aus dem lebenden Muskel hergerichteten Präparate zu erkennen. Später wird sie deutlicher, aber in der eklatantesten Weise erscheint sie erst nach Einwirkung von Säuren, daher

auch nach der Isolirung der Muskeln nach Budge's oder nach v. Wittich's Methode. Sie ist deshalb auch nicht immer ein und dasselbe. Im frischen Muskel ist sie der Ausdruck der Verzweigung des intramuskulären noch markumgebenen Axencylinders, in dem mit Säuren behandelten Präparate der Ausdruck von unregelmässigen Myelingerinnungen und glasig aufgequollenem Protoplasma.

Bevor ich von diesen Mittheilungen Abstand nehme, muss ich noch gewisser grosser Protoplasmaballen erwähnen, denen ich im Verlaufe der Nervenstämme und im Bereiche der sensibeln Nervenendigungen z. Th. auch bei den Kühne'schen Nervenhügeln begegnet bin und deren gelegentlich auch schon gedacht worden ist (pag. 548). Sie sind einfach und zusammengesetzt. Die einfachen sind 3, 4, 5mal so gross, als die nervösen Kerne. Die zusammengesetzten bestehen aus kleineren Theilen, die bald der Länge nach zu 4, 6, 8, bald unregelmässig zu 12, 14, 16, 18 zusammengefügt sind. In letzterem Falle liegt ein offenbarer Theilungsprozess vor. Was sind diese Körper? Sie liegen allem Anscheine nach im Bereiche des Neurilemma, also in Bindegewebe; aber nirgend anderswo als dort, blos in der nächsten Nähe der Nerven und zwar so viel ich mich erinnere, auch blos bei Lacerta viridis (Monat November), habe ich sie sonst noch gesehen.

Wie bei den Kaltblütern, so verhält sich die fragliche Angelegenheit nun auch bei den Warmblütern und zuletzt auch beim Menschen. Doch sind junge Thiere zur Entscheidung derselben weniger günstig als alte, weil Vieles bei ihnen noch in der Entwickelung begriffen ist und namentlich das so oft die Direktive bestimmende Nervenmark weder quantitativ noch qualitativ in dem Maasse vorhanden ist, wie bei ausgewachsenen. Auch sind grosse Thiere kleineren vorzuziehen und liefern dicke derbe Muskeln häufig bessere Resultate, als dünne und zarte, weil allem Anscheine nach die Entwickelung des nervösen Apparates in einem direkten Verhältnisse zur Entwickelung des Muskels und seiner etwaigen Leistung steht.

Bei den Vögeln sind die Nervenhügel verschieden gestaltet. Bei den Tauben z. B. sind sie in den Augenmuskeln sehr gross, mit breiter Basis den Muskel umfassend, ziemlich spitz zulaufend und daher hoch und kegelförmig (Fig. 22). In den Muskeln der Halswirbelsäule dagegen fand ich sie klein, rundlich, flach, dem Muskel beinahe eingesenkt (Fig. 23).

Bei grösseren Vögeln, wie Tauben, Hühner, Krähen sind die

Nervenhügel sofort herauszufinden. Es sind Haufen sehr dicht gedrängter, mittelgrosser, rundlich-ovaler, glänzender Kerne, mit mehreren Kernkörperchen, welche in eine ziemlich spärlich vorhandene, undeutlich körnige, beziehungsweise körnig-faserige Masse eingebettet sind, die sehr quellbar ist und in Folge dessen nach Zusatz von Flüssigkeiten sich aufbläht und über die Kerne erhebt, dabei aber doch keine rechte Endplatte im Sinne Kühne's bildet, weil dazu ihr der verhältnissmässig markreiche intramuskuläre Axencylinder fehlt. Bei kleineren Vögeln, z. B. Sperlingen, sind die Nervenhügel hingegen nur schwer und gewöhnlich erst nach Zusatz von Reagentien zu erkennen. Sie erscheinen danach als kleine rundliche Platten eines schwach glänzenden ungleichartigen Gewebes, in welchem man wohl allerhand grössere und kleinere Kügelchen, Körnchen und Pünktchen, aber keine rechten Kerne unterscheiden kann. Erst nach vollständiger Isolirung, wenn das Glück gut ist, kann man auch diese darin wahrnehmen und sieht sie als rundlich-ovale glänzende Körperchen, welche öfters von einem schmalen Hofe leicht körniger Substanz umgeben sind und eine Anzahl Pünktchen als Kernkörperchen enthalten, also Kerne von Zellen sind. Sehr leicht mit ihnen zu verwechseln sind auch hier die Plaques und Körnchenhaufen, welche in den Verlauf der von mir als sensible bezeichneten Fasern eingeschaltet sind, und in der That habe ich auch eine Zeit lang diese letzteren dafür angesehen. Man lernt sie indessen beide bald von einander unterscheiden, wenngleich es auch Fälle giebt, in denen es so ziemlich unmöglich ist. (Vergl. Fig. 21.)

In die Nervenhügel der Vögel mündet nun auch ein Nerv ein und zwar, indem die Schwann'sche Scheide desselben in das Sarkolemma des Muskelbündels übergeht, der Axencylinder sein Mark verliert und sich durch wiederholte dichotome Theilung (Fig. 22.) in das körnige Gewebe des Hügels, das Protoplasma seiner Kerne auflöst. Die Nervenhügel liegen somit unterhalb des Sarkolemmas und sind mit der contraktilen Substanz in der innigsten Berührung. Ob aber aus den Nervenhügeln wieder Fasern ihren Ursprung nehmen, welche das Sarkolemma durchbrechen, um zu Nervenhügeln 2ter, 3ter Ordnung hinzugehen, das zu erforschen, ist mir nicht gelungen. Was ich mit Sicherheit als Nervenhügel in den Muskeln der Vögeln erkannt habe, waren alles solche letzter Ordnung, von denen keine extramuskulären Fasern mehr ausgingen, welche ein Endglied in der Gruppe eines bestimmten Fasersystemes darstellten. Dagegen glaube

ich aber auch bei ihnen den Abgang von intramuskulären, solchen, die in das Muskelinnere drangen, gesehen zu haben. In den Kehlkopfsmuskeln eines alten Huhnes, den Muskeln des Auges und der Wirbelsäure älterer Tauben (Fig. 22) glaube ich dafür die bestimmtesten Anhaltepunkte gewonnen zu haben. In den Muskeln junger Tauben und der Sperlinge konnte ich jedoch Aehnliches nicht im Geringsten zur Beobachtung bekommen. Fehlen sie da in der That, so muss die Verbindung von dem Nervenhügel mit dem Muskelinneren sich wie anderwärts durch das Protoplasma machen, das auch hier ziemlich reichlich die rundlichen oder länglich-runden und mit mehreren Kernkörperchen ausgestatteten Muskelkerne unter einander verbindet und sich aller Wahrscheinlichkeit nach noch zwischen die Muskelfibrillen einschiebt, um mit ihnen in direkte Beziehungen zu treten.

Bei den Säugern sind die Nervenhügel von meist rundlicher Form und ziemlich flach. Erst durch Zusatz von Flüssigkeiten quellen sie auf und werden sie prominenter, wobei etliche unter ihnen gelegentlich auch einmal eine Art Kegelform annehmen. Sie bestehen auch hier wieder aus einer Anzahl rundlicher mehr minder glänzender Kerne mit mehreren Kernkörperchen und einer körnigen beziehungsweise körnig-faserigen Zwischensubstanz von oft nicht unbeträchtlicher Menge, welcher auch sie die hervorgehobene Quellbarkeit verdanken. Sie liegen ganz entschieden unter dem Sarkolemma und zwar aus denselben Gründen, aus denen wir das auch anderweit geschlossen haben, weil nämlich der zutretende Nerv seine Schwann'sche Scheide an das Sarkolemma abgiebt und weil man zuweilen Theile ihres Inhaltes aus einem Riss des Sarkolemmas heraustreten sieht, während der andere Theil noch darunter liegt (Fig. 27). Sie umgreifen den Muskelinhalt, wenn sie gerade an einem freien Rande desselben liegen, und bei verschiedener Einstellung kann man erst ihren über der Muskelmasse liegenden Theil, dann diese selbst und endlich den von ihr bedeckten unteren erkennen. Da die Muskelsubstanz durch ihr geringeres Lichtbrechungsvermögen sich ziemlich scharf von der Hügelmasse abgehoben zeigt, mag der Anschein erweckt worden sein, als ob diese letztere überhaupt ausserhalb d. i. nämlich über dem Sarkolemma gelegen sei. Aber selbst in den Muskelstreifen des neuerdings vielfach importirten amerikanischen Speckes kann man noch die ganz passabel erhaltenen Nervenhügel erkennen und zwar immer unter dem Sarkolemma.

Lägen sie überhaupt oberhalb desselben, so dürften sie wohl auch während der Pökelung abgelöst worden sein und sich nicht in dem innigen Connex mit der contraktilen Substanz befinden, wie das jetzt noch immer der Fall ist. — Zu dem eintretenden Nerven verhält sich das Innere der Nervenhügel, wie bei den übrigen Thierklassen. Der Axencylinder löst sich in den derberen unteren Theil des Protoplasmas auf, nachdem er seine Markscheide verloren und sich in dem weicheren oberen Theile des Protoplasmas oft ganz deutlich wiederholt dichotom getheilt hat.

Aus den Nervenhügeln und in specie aus dem Protoplasma ihrer Kerne entspringen hier nun wieder sicher Fasern, die in verschiedener Richtung weiter ziehen, zum Theil wohl im Inneren des Muskels liegen und da scheinbar von Kern zu Kern ziehen, bis sie sich, feiner und feiner geworden, in der Nähe eines Kernes verlieren, zum Theil sicherlich ausserhalb desselben ihren Verlauf haben, um gelegentlich einmal aus ihrer Verbindung mit dem Sarkolemma gelöst, wie bei den Fischen, als freie Bänder in der Untersuchungsflüssigkeit herum zu flottiren.

Bei kleinen Thieren, Meerschweinchen, Maus, liegt die Sache indessen wie bei den kleinen Vögeln, d. h. sie ist nur sehr schwer zu beurtheilen. Die Nervenhügel sind zwar viel besser als dort zu erkennen, namentlich in den Oberschenkelmuskeln und unter ihnen wieder vorzugsweise in dem Psoas (Fig. 26. c. c. c.); aber mehr lässt sich an ihnen auch nicht recht wahrnehmen. Ueber etwaige Fasern, die von ihnen ausgehen, bleibt man entschieden im Ungewissen, es sei denn, dass man auf solche zweifelhafte Bilder rekurrirt, wie wir sie bereits bei den Vögeln erwähnt haben und vor denen wir ausdrücklich warnten.

Mehr sieht man unter gewissen Umständen schon bei den Kaninchen. Doch können Irrthümer auch bei ihnen noch ausserordentlich leicht begangen werden, wenn man sich nicht an ganz klare Bilder hält. Gerade bei ihnen habe ich ja so ganz zweifelhafte Dinge zu sehen bekommen, wie sie Seite 549 besonders hervorgehoben und in Fig. 24 gezeichnet worden sind. An klaren, bestimmten Bildern jedoch, vorzugsweise in Präparaten von älteren Thieren wird man sich nichtsdestoweniger von dem Abgange solcher Fasern, vornehmlich in das Muskelbündel, wenn das Auge darauf nur einigermassen eingeübt ist, zu überzeugen vermögen. Ja auch bei jüngeren Thieren gelingt das zuweilen; doch muss man sich da

häufig nur mit Andeutungen zufrieden geben und aus Analogien seine Schlüsse ziehen (Fig. 25). In vielen Fällen aber bekommt man auch gar nichts zu sehen und fehlen die beregten Fasern offenbar ganz und gar. Statt ihrer muss man da wieder Verbindungen durch das blosse Protoplasma annehmen, das von den Nervenhügeln ausgeht, in das Muskelbündel eindringt und in seiner grössten Masse zwischen den Muskelkernen liegt, in feinen Zügen aber wohl auch zwischen die Muskelfibrillen sich einschiebt und jede einzelne berührt.

Bei grösseren Thieren dagegen, z. B. schon mittelgrossen Hunden, sind die in Rede stehenden Fasernetze sehr deutlich entwickelt. In Bünbeln des M. substernalis und der recti oculi (Fig. 27. 28.) habe ich sie in einem Zustande gefunden, dass ich über ihr Vorhandensein überhaupt glaube vollständig ausser Zweifel sein zu können. Die Goldmethode in den mannigfachsten Abänderungen, mit nachfolgender Behandlung mit Säuren oder Alkalien hat mir auch dabei die besten Dienste geleistet und schliesslich wenigstens immer noch ein Resultat gegeben, wenn alle anderen Methoden im Stiche liessen und nicht die geringste Aufklärung brachten. Doch auch die blosse aber fortgesetzte Behandlung mit Essigsäure unter dem Mikroskop hat manches Vortheilhafte gehabt und vorzüglich in Betreff der Natur der intramuskulären Fasern weiter gehende Aufschlüsse verschafft. Bei der Aufquellung des Muskels zerreissen nämlich diese Fasern und wandeln sich in Reihen von glänzenden Kügelchen, wohl Markkügelchen, um. Das pflegen nun aber, so viel ich weiss, weder Bindegewebsfasern noch elastische zu thun und ist mir nur bekannt von den feinen Fäserchen der körnig-faserigen Substanz der Centralorgane des Nervensystems, jener en masse grauen Substanz, welche ja gegenwärtig immer mehr als nervös betrachtet wird. Die Annahme, welche betreffs unserer intramuskulären Fasern entstehen könnte, dass sie nur bindegewebiger Natur seien, und es sich bei ihnen vielleicht bloss um eine unregelmässig streifenförmige Verdickung des Sarkolemmas handeln möchte, wozu ja Grund vorhanden ist, wie wir von den Lurchen her wissen, diese wird damit so gut als beseitigt, diejenige, dass es Nervenfasern seien, hingegen als mehr erhärtet angesehen werden können.

Auch bei den Hunden kommen Nervenhügel 1ster, 2ter, 3ter etc. Ordnung vor und zwar sowohl auf demselben, wie auch auf den benachbarten Muskelbündeln und die Verbindungen unter einander werden, je nachdem, wie ich glaube, sowohl durch das extramusku-

läre wie das intramuskuläre Fasernetz bewerkstelligt, doch der Art, dass die einzelnen Fasern in dem Protoplasma der Hügel sich auflösen und wieder aus ihm sich bilden und nur gelegentlich einmal sie geradezu durchsetzen. Es werden aber dadurch, wie auf der Hand liegt, auch hier ausgebreitete Netze geschaffen, welche über mehrere Bündel ausgespannt sind und dieselben zum grossen Theile eng- oder weitmaschig umspinnen und dadurch werden dann wieder Verhältnisse hervorgerufen, welche den bei den früheren Thierklassen erörterten ganz ähnlich, um nicht zu sagen gleich sind.

Was endlich den fraglichen Punkt beim Menschen angeht, so liegt er auch da nicht anders. Der Nerv tritt in der mehrfach besprochenen Weise in den Nervenhügel ein, der sich in Nichts von den früher beschriebenen unterscheidet, und von dem Nervenhügel gehen Fasern aus, welche theils in das Muskelinnere eindringen, theils wieder auf dessen Oberfläche treten und umspinnende Netze bilden. Die von den Nervenhügeln entspringenden Fasern senken sich zum Theil wieder in Nervenhügel 2ter und 3ter Ordnung ein und da diese nicht selten das Rendezvous für Fasern bilden, die von verschiedenen Nervenhügeln abstammen, so stehen sie alle mehr oder weniger unter einander in Verbindung. Je nach der Entwickelung, welche die Fasern erfahren haben, oder anders ausgedrückt, je nach den Beziehungen des Protoplasmas der Nervenhügel zu einander oder zu dem Muskelinneren und insbesondere den bezüglichen Muskelkernen, bekommen wir wieder sehr verschiedene Bilder zu sehen, solche, die den von den Kaninchen oder Hunden beschriebenen gleichen, solche, die den bei den Lurchen, namentlich aber bei den Fischen und Reptilien erörterten entsprechen, solche, die den bei den Krebsen beobachteten an die Seite zu stellen sind, und bei weiterer Nachforschung gewiss noch weitere. Kurz es ist, wie wir es von den Thieren kennen gelernt haben, und nur die Auswahl vielleicht ist grösser, als bei den einzelnen Species jener.

Der Zufall wollte, dass unter den angegebenen Modalitäten einige genauer beobachtet werden konnten, und dass durch diese manche von den schon früher beigebrachten Dingen noch mehr bestätigt wurden. Doch seien von ihnen nur zwei zur näheren Besprechung ausgewählt, die Punkte betreffen, auf welche es bei der ganzen Frage wesentlich ankommt.

In einem Präparate aus dem M. sternothyreoideus, das mit Chlorgold behandelt worden war (Fig. 29) konnte die wiederholt

dichotom erfolgende Auflösung des rothgefärbten Axencylinders in die tiefer gelegene granulöse Masse des Nervenhügels beobachtet werden, nachdem er die obere glasige Abtheilung desselben, welche die Kühne'sche Endplatte bilden hilft, durchsetzt hatte und ein anderes Mal bot sich die Gelegenheit dar für die Meinung eine bedeutende Stütze zu gewinnen, dass, wo wir keine intramuskulären Bänder in das Innere des Muskels eindringen sehen, die Verbindung des Nervenhügels mit dem Muskelinneren durch die Protoplasmazüge geschehen müsse, welche zwischen den Muskelkernen ausgebreitet seien. Es handelte sich da um Bündel aus dem M. substernalis, welche axiale und paraxiale Kernreihen zeigten, wie die Arthropodenmuskeln und bei denen diese Kernreihen durch mehr schräg gestellte ebenso mit dem Nervenhügel verbunden waren, wie es bei jenen so regelmässig geschieht (Fig. 31). Daneben kamen auch Nervenhügel 2ter Ordnung vor, und die Verbindung mit diesen geschah ebenfalls durch Kernreihen, oder was noch bestimmender ist, durch die fein-körnige oder körnig-faserige Masse, in welche die Kerne eingebettet waren, d. h. durch ihr Protoplasma. Die Kühne'sche Endplatte in ihrer Specificität existirt also auch danach nicht, und die Verbindung der contraktilen Substanz mit den Elementen des Nervenhügels scheint thatsächlich auch bei den höher organisirten Thieren, bei welchen zwischen beiden Fasern vorkommen, dennoch wie bei den niederen sich vorzugsweise durch das Protoplasma zu machen, das nachweislich eine Anzahl von Muskelkernen verbindet, aber aller Wahrscheinlichkeit nach auch zwischen die einzelnen Fibrillen sich zwängt und diese mantelartig umgiebt. Nur da, wo das Protoplasma oder sein dazu qualifizirter Theil eine Umbildung in Fasern erfahren hat, würde die betreffende Verbindung dann auch durch solche hergestellt werden.

Die Verbindung der contraktilen Muskelsubstanz mit den Bestandtheilen der Nervenhügel können in überzeugender Weise wir nicht sofort erkennen. Der letzterwähnte Umstand liefert uns aber dafür einen ziemlich sichern Beweis und aus ihm können wir darum, rückwärts schliessend, uns ein Bild für die etwaige Verbindung auch da machen, wo wir sie bis jetzt wegen Mangelhaftigkeit unserer Hülfsmittel noch gar nicht zu konstatiren vermocht haben. Die kurzen, zart und dünnen, oft nur wie aus Körnchen gebildeten Fasern, welche wir bei verschiedenen Thieren in querer oder schräger Richtung von den Nervenhügeln ausgehen und in dem Muskelinneren

sich verlieren sahen und die auch beim Menschen vorkommen (Fig. 30), vermitteln den Uebergang zwischen den beiden Extremen. Denn sie verlieren sich nach allen unseren Beobachtungen in das Protoplasma, das noch nicht zu Fasern sich differenzirt hat, und wenn das auch beinahe ausnahmslos an einem Kerne geschieht, so steht dem damit dennoch durchaus Nichts entgegen. Der Kern selbst oder gar sein Kernkörperchen spielt nämlich ganz gewiss nicht die grosse Rolle, welche ihm fast noch von allen Seiten zuertheilt wird, so sehr auch manche Bilder, namentlich durch seine scheinbar strikte Verbindung mit Nerven dazu verführt haben mögen.

Werfen wir auf die Resultate unserer Untersuchungen einen Blick zurück, so finden wir, dass sowohl eine grosse Uebereinstimmung, als auch eine grosse Differenz zwischen ihnen und den Erforschungen Anderer besteht. Es giebt kaum eine Ansicht, welche wir nicht bestätigen könnten und keine, welcher wir unbedingt beipflichten müssten.

Die Schlingenbildungen, wie sie zuerst Valentin und Emmert, späterhin Remak, Koelliker, Schaaffhausen und zuletzt noch Beale beschrieben haben, wir fanden sie. Bei Kühne[1]) stiess ich auf eine Notiz, von der ich nicht weiss, woher sie stammt, dass Remak vermuthungsweise ausgesprochen, die Nerven bildeten zuletzt auf der Innenseite des Sarkolemmas Netzwerke. Auch diese Netzwerke trafen wir an. Aber weder jene Schlingen noch diese Netzwerke haben die Bedeutung, welche ihnen einst beigelegt worden ist. Die Schlingen sind nur scheinbare Schlingen in physiologischer Hinsicht. Denn entweder sind sie blos durch den gewundenen Verlauf der Fasern zwischen und über den Muskelbündeln bedingt und haben somit gar keine Bedeutung, weil sie noch nicht das Ende darstellen; oder thun sie dieses da und dort dennoch, so beruht das lediglich auf einer Täuschung, die dadurch zu Stande kommt, dass zwei freie (!) Nervenenden zufällig an ein und demselben Kerne zusammentreffen, doch ohne unter einander zu verschmelzen. Die intramuskulären Netzwerke aber, nun diese haben wir ja auch noch nicht als Endungen, sondern nur als Vermittler derselben kennen

1) Kühne. Ueber d. peripherisch. Endorgane d. motor. Nerven. p. 29.

gelernt und zwar blos unter der Form eines anderen Ausdruckes für das Gebilde, welches gewöhnlich die entsprechende Vermittelung besorgt.

Auch für Koelliker's und Krause's Ansichten über die Lage der Endplatten in Bezug auf das jeweilige Muskelbündel fanden wir genügende Grundlagen. Aber einmal glaubten wir, dieselbe durch blosse Wachsthumsverhältnisse und eine faltenartige Einstülpung des Sarkolemmas zwischen die Basis der Platte und das Muskelbündel erklären zu können, das andere Mal sahen wir uns genöthigt, daran zu erinnern, dass Verwechselungen mit den plattenartigen Gebilden im Bereiche der sensibeln Nerven vorgekommen sein möchten, und namentlich ist, glaube ich, Krause dabei etwas Menschliches passirt. Die kleinen, nur aus wenigen, 3—4, ja nur aus einem Kerne bestehenden winzigen Endplatten beim Frosche und bei Fischen, zu denen lange, blasse, schmale Fasern treten sollen [1]), und die übrigens bei Fischen auch Waldeyer [2]) gesehen haben will, diese dürften mit grösster Wahrscheinlichkeit hierher zu zählen sein, und dass diese über dem Sarkolemma liegen, haben wir ja meistentheils in unzweideutigster Weise sehen können.

Wir haben ferner auch für Margo's Angaben Stützen gefunden, ja ohne Rückhalt gesprochen, wir sind eigentlich ganz und gar zu seinen Resultaten gekommen. Wenn wir auch nicht ein System von Kornzellen erkannt haben, welches das Muskelinnere durchzieht, ein System von Zellen oder Zellenderivaten, das mit den Muskelnerven einerseits und mit der contraktilen Substanz des Muskels andererseits in Verbindung steht, das Muskelinnere also auch nach allen Richtungen durchsetzt, ein solches zu statuiren haben wir uns auch gezwungen gesehen, und um so leichter haben wir uns dem bezüglichen Zwange gefügt, als Kühne's und Cohnheim's Erforschungen im Grunde genommen dieselben Anschauungen vertreten. Kühne ist darum wohl auch der billigste Kritiker gewesen, den Margo gefunden hat.

Endlich haben wir auch für Kühne's Ansichten und die, welche ihnen verwandt sind, d. h. die von Rouget, Engelmann u. a. A. die ausgedehntesten Unterlagen gewonnen, und so weit als es sich blos

1) Krause. Ueber d. Endigung. d. Muskelnerven. Zeitschrft. f. rat. Med. Bd. XX. 1.

2) Centralblt. 1863. 24.

um das Reale bei ihnen handelt, dürften kaum wesentliche Differenzen bestehen. Erst wo die Deutung anfängt, findet in diesem oder jenem Punkte eine Trennung statt. Wir haben uns unbedingt der Ansicht angeschlossen, dass die motorischen Endapparate, sowohl die Doyère'schen Hügel der Insekten, als auch die Nervenhügel der Vertebratae, unter dem Sarkolemma und mit der contraktilen Substanz in unmittelbarer Berührung stehen. Wir haben in diesen Hügeln eine obere, mehr homogene, und eine untere, mehr granulose, körnige oder körnig-faserige, kernführende Abtheilung zu unterscheiden vermocht und die Kühne'sche Endplatte wiederholt konstatirt; aber wir waren nicht im Stande, ihr die Bedeutung beizulegen, welche ihr Entdecker ihr zuerkannt wissen will. Wir hielten sie für ein Gebilde von mehr untergeordnetem Wesen, das nur zum Theil präformirt wäre, zum Theil sein Dasein erst dem Tode und dessen Folgen zu verdanken bekäme. Dagegen mussten wir ein grosses Gewicht der unteren granulosen Abtheilung zugestehen und uns hierin mehr an Krause, Rouget und Engelmann anschliessen. Aber während Krause dieselbe das wirkliche Ende des Muskelnerven sein und sich aus einer Anhäufung von knopfförmig angeschwollenen Fäden zusammensetzen lässt, kamen wir, ähnlich wie Rouget und Engelmann, zu dem Schlusse, dass sie nur einen Uebergangspunkt, eine Brücke, bildet, allwo der Axencylinder des zuführenden Nerven in ein anderes Gewebe überginge. Während nun aber Rouget weiter glaubte, dass er gewissermassen als solcher noch, nur in eine grosse Anzahl von Fäden aufgelöst, von dort weiter ginge, um zum Wenigsten bei den Crustaceen direkt in die contraktile Muskelsubstanz überzugehen, eine Meinung, die vorher auch Waldeyer schon geäussert hatte, und Engelmann dafür hielt, dass er sich durch diese granulose Masse unmittelbar und ohne Grenze in die eigentliche Muskelsubstanz fortsetzte, kamen wir zu einem Resultate, das trotz aller anscheinenden Widersprüche sich mehr an Kühne, Cohnheim und insbesondere an Margo anlehnt. — Wir haben der Kühne'schen Endplatte nicht das Gewicht zugestanden, das sie haben soll. Wir haben den Tenor auf seine Plattensohle gelegt, und daraus gehen die Unterschiede hervor, welche uns im Weiteren von ihm trennen und Margo näher bringen. Für die Arthropoden hat das nach den beiderseitigen Anschauungen auch keine sonderliche, in die Augen springende Bedeutung. Dagegen wird es bei den Wirbelthieren, namentlich im ersten Augen-

blicke recht auffällig. Kühne lässt seine Plattensohle immer nur auf einen kleinen Raum und scharf umschrieben sein, nie sich in das Muskelinnere fortsetzen. Wir haben gefunden, dass das immer der Fall sei und haben es selbst bei den Eidechsen zu erkennen vermocht. Dabei fanden wir, dass diese Fortsätze der Plattensohle sich immer in der Richtung verbreiteten, in welcher sie auf Muskelkerne treffen und damit kamen wir auf das hinaus, was Margo gelehrt hatte. Doch hielten wir uns nicht gedrungen, diese Fortsätze der Plattensohle zu den Muskelkernen selbst in eine nähere Beziehung zu bringen, sondern nur zu dem Protoplasma, das sie bald spärlicher, bald reichlicher umgiebt, unter einander in oft deutlich erkennbarem Zusammenhange steht, und wenn auch kein embryonales Protoplasma mehr ist, wie Kühne[1]) nachgewiesen hat, so doch immer, wie andererseits Engelmann[2]) erklärt hat, ein Portoplasma ist, Zellmasse, die sich noch nicht in einfach und doppeltbrechende Muskelsubstanz umgewandelt hat, auch nicht, setzen wir hinzu in Nerv, was, wie wir gesehen haben, der Fall sein kann. Wir kamen demnach zu dem Schlusse, dass vermittelst dieses Protoplasmas, in welches sich die Plattensohle, welche wir ja auch für ein Protoplasma, nämlich das der Sohlenkerne, erklärt hatten, der Axencylinder des zuführenden Nerven mit der eigentlichen Muskelsubstanz verbunden werde. Denn das Protoplasma der Muskelkerne stehe zwar hauptsächlich in longitudinaler Richtung in Verbindung, lasse solche Verbindungen aber auch in mehr transversaler Richtung, zumal bei niederen Thieren, doch auch noch beim Menschen erkennen, und öfters erwachse sogar, wie bei den Arthropoden der Anschein, als ob noch die einzelnen Muskelelemente geradezu mit ihm in direkte Verbindung treten.

Als Muskelelemente, wenigstens noch als die nächsten, haben wir wie eine andere Zeit die Fasern, Primitivfasern, Fibrillen angesehen. Ohne behaupten zu wollen, dass genuine Fasern es seien, in denen uns die beiden, in abwechselnden Reihen angeordneten Hauptbestandtheile der Muskelsubstanz, die isotrope und die anisotrope entgegen treten, so zwar, dass diese beiden Substanzen gewissermassen blos der Ausdruck einer veränderten Anordnung der

---

1) Kühne. Ueber d. peripherisch. Endorgane d. motor. Nerven. p. 25.

2) Engelmann. Untersuchung. über d. Zusammenhang v. Nerven u. Muskelfaser. p. 34.

Moleküle jeder Fasern selbst seien, und ohne behaupten zu wollen, dass dieselben nicht blos faserartige Aneinanderreihungen noch weiterer Elemente darstellen, als deren formellen Druck wir eben die beiden Erscheinungsweisen der genannten Substanzen kennen, die dunklen Fleischkörperchen, Fleischprismen und die sogenannte helle Zwischensubstanz, eine festere Verbindung zwischen diesen beiden Bestandtheilen der Länge des Muskels nach, bestehe sie nun aus einer blossen lockeren Verklebung, einer festeren Verkittung, einer vollständigen Verwachsung, oder aus einer noch anderen Geartung, eine solche müssen wir annehmen.

Wie wir die Muskelfibrille immer auch auffassen mögen, als ein solideres oder hinfälligeres Gebilde, gegeben ist sie. Sie ist im Leben bereits vorhanden und nicht erst die Folge eines Gerinnungspsocesses, namentlich nicht erst der Ausdruck der Todtenstarre. Kühne ist es bekanntlich gewesen, der zuerst einer solchen Ansicht von dem Wesen der Muskelfibrille das Wort geredet hat, und eine Anzahl von Histiologen ist ihm ohne Widerrede gefolgt. Ja Cohnheim hat dieselbe noch besonders ausgebaut. Die Stützen für diese Ansicht aber fand Kühne vorzüglich in der Consistenz des Muskelinhaltes, d. h. der Füllung eines Sarkolemmaschlauches, da dieser einer Bewegung fähig sein sollte, welche nur von Flüssigkeiten bekannt wäre. Der Behauptung, dass eine frische, noch zuckungsfähige Muskelfaser, d. i. ein sogenanntes Primitivbündel Valentin's, beim Auseinanderreissen wie ein zerstörtes Bündel von Fibrillen aussehe, müsse er entschieden widersprechen. Nie habe er an der Durchrissstelle hervorragende Fibrillen gesehen. Selbst wenn das jedoch der Fall wäre, würde es kaum etwas beweisen, weil der Muskelinhalt an der durchrissenen Stelle sofort todtenstarr d. h. fest werde. Was am frischen Muskel an Fibrillen entsprechenden Längsstreifen existire, seien die Grenzen zwischen den Sarcous-Elements, welche in der Quere jedesmal durch die einfach brechende Substanz unterbrochen werden. Die Ansicht vom fibrillären Bau der Muskelfaser verliere täglich mehr an Boden und es scheine sogar, als ob nur eine einzige Thatsache sie noch stützen könne, nämlich das sofortige Zerfallen der sogenannten gelben Insektenmuskeln in feine Fibrillen. **Diese Thatsache sei richtig.** Aber diese Muskeln seien gar keine Muskeln trotz Querstreifen und Doppelbrechung. Ihnen fehle die Contraktilität. Sie seien möglicherweise Reste von früheren bei der Entwickelung nicht unwichtigen Muskeln, aber

im vollendeten Insekt könne man sich nicht mehr auf sie berufen[1]).

Allein den gelben Insektenmuskeln, die massig z. B. an der Innenseite des Thorax liegen, analog verhalten sich auch manche andere Muskeln, denen wir die Aechtheit ihrer muskulären Natur durchaus nicht versagen können. Vorerst muss hervorgehoben werden, dass diese gelben Thoraxmuskeln auch nicht unter allen Umständen sofort in ihre Fibrillen zerfallen, sondern dass viel dabei von ihrer Behandlung abhängt und ein schonendes Verfahren sie ebensogut erhält, wie die hellen glasigen Muskeln der Extremitäten. Demnächst muss betont werden, dass ein minder vorsichtiges Verfahren, ohne dass es gerade ein rohes genannt zu werden braucht, auch genuine Muskeln, die sich noch deutlich kontrahiren, in Fibrillen zerfallen macht, und dass endlich bei manchen Thieren nicht die blosse Schonung genügt, um den sofortigen Zerfall in Fibrillen zu verhindern, sondern dass die Kunst einschreiten muss, um sie als Ganzes zu erhalten. Ich erinnere vor allen dabei an die hellen glasigen Muskeln von Palaemon, deren Bündel mir sofort in starre, fast homogen erscheinende Fibrillen zerfielen, wenn ich sie dem lebenden Muskel auch noch so rasch entnommen und in dem eigenen Safte des Thieres auseinander zu breiten gesucht hatte, und dass sie erst künstlich gefestigt werden mussten, bevor sie einer zweckdienlichen Untersuchung unterworfen werden konnten. Wird somit von Kühne überhaupt zugegeben, dass der Inhalt der gelben Insektenmuskeln ein fibrillärer sei, weil derselbe sofort in Fibrillen zerfalle, so muss er dasselbe auch für die durchsichtigen klaren Muskeln der Insekten und anderen Thiere zugeben, wenn bei ihnen ein gleicher Vorgang stattfindet. Dass durch eine Gerinnung, wie sie der Todtenstarre z. B. zu Grunde liegt, diese Fibrillen fester, zäher, dehnbarer werden, mag recht wohl zugestanden werden. Es hat gar Manches auf mich sehr überzeugend in dieser Hinsicht eingewirkt. Allein dass sie ganz und gar blos der Gerinnung ihr Dasein verdanken, dem steht doch zu viel entgegen.

Es sind neuerdings von Stricker[2]) Angaben gemacht worden über Beobachtungen an noch lebenden und sich bewegenden Muskel-

1) Kühne. Ueber d. peripherischen Endorgane d. motor. Nerven. p. 32. Anm.

2) Stricker. Handbuch der Gewebelehre. p. 1226.

bündeln. Stricker beschreibt da eine Menge von Erscheinungen und vergleicht diese mit einem Bilde, das ein in lebhaften Evolutionen begriffenes Infanteriecorps aus der Vogelperspective gesehen darbieten könnte. Er kommt aber merkwürdiger Weise zu dem Schlusse, dass solche Erscheinungen sich selbstverständlich am Besten mit der Vorstellung vertragen, nach welcher der Muskel aus kleinen Disdiaklasten-Gruppen und einer flüssigen Zwischensubstanz zusammengesetzt sei. Gerade das von ihm gewählte, meines Erachtens recht zutreffende Bild spricht dafür, dass feste Beziehungen zwischen den einzelnen Disdiaklasten-Gruppen bestehen. Die verschiedenen Gruppirungen der Mannschaften eines Corps in bestimmte fundamentale Formen, unter denen schlechtweg die Linie vorwaltet, kommen nur dadurch zu Stande, dass jeder Einzelne seine bestimmte, feste Stelle, seinen Vordermann und seinen Hintermann, seinen rechten oder linken Nebenmann, beziehungsweise beide hat und durch einen geschulten Willen gewissermassen auf diesem Platze fest gemacht sich bewegt, dem Einen sich nähert, von dem Anderen sich entfernt, aber nach einem Gebot, das nicht ihn für seine Person, sondern nur als Theil eines Ganzen trifft, als Glied einer Rotte, Glied eines Zuges, einer Compagnie, eines Bataillons u. s. w. »Vordermann nehmen!« ist im kleinen Dienste der deutschen Armee ein nur zu häufig zu hörender Ausruf. — Was in dem beigebrachten Bilde für den Soldaten sein eigener Wille ist, muss für eine Disdiaklasten-Gruppe eine als Ersatz dienende Kraft sein, eine Art Polarität, welche sie in ihrer Lage zu andern Gruppen erhält, oder mechanische Beschränkung. Aber eine unbehemmte Freiheit der Bewegung, eine völlige Ungebundenheit kann ihr nicht gelassen sein.

Der Umstand, dass die Gerinnungen des Muskelinhaltes immer und immer in derselben Weise erfolgen und stets ein und dieselben, bis in das feinste Detail gleichen Formen erkennen lassen —, von den gelegentlich durch gewisse Chemikalien, Maceration u. s. w. erzeugten, andersartigen sehen wir ab — spricht sehr bestimmt für eine solche Auffassung. Noch mehr thut das aber die Beobachtung am lebenden Muskel, wo unter Umständen die Gelegenheit, die Bewegungen der Disdiaklasten-Gruppen in festen Reihen, d. i. in zu Fibrillen verbundenen Gliedern, auf das Unzweifelhafteste zu erkennen gegeben ist. Ich habe sie wiederholt an den sehr kräftig entwickelten, mit sehr grossen Disdiaklasten-Gruppen versehenen Muskelbündeln von Geotrupes stercorarius gehabt. Dieselben bewegten

sich beinahe noch eine halbe Stunde nach der Trennung vom Leibe recht lebhaft fort und setzten die Bewegungen auch nicht sobald aus, wenn sie mit klärenden Menstruis, verdünnter Salz- oder Essigsäure, behandelt wurden, so dass man da recht viel und genau erkennen konnte. Die Bewegungen nun, welche man da zu sehen bekommt, sind hauptsächlich peristaltische, anfänglich lebhaftere, die Breite des ganzen Muskelbündels gleichzeitig umfassende, später trägere über die Breite des Muskels ungleichartig erfolgende und zuletzt nur noch auf einen Theil der Breite, nämlich den, an welchem der Doyère'sche Hügel liegt, beschränkte, bis das Spiel ganz und gar aufhört und ein wenigstens auf Strecken gleichmässiges Zusammenrücken der Disdiaklasten-Gruppen, eine gleichmässige Contraktion, als letzter Ausdruck des specifischen Muskelvermögens eintritt. Bei diesen peristaltischen Bewegungen sieht man nun weiter ganz deutlich, wie sich die Disdiaklasten-Gruppen nur in bestimmten Längsreihen bewegen, zu welchen sie mit der Zwischensubstanz zusammengefügt sind. Man sieht diese Reihen nach rechts, nach links wogen, hier sich von ihren Nebenreihen entfernen, dort sich ihnen nähern, hier leicht halbmondförmige oder lanzettförmige Lücken schaffend, je nachdem sie mehr am Rande oder in der Mitte liegen, dort press sich aneinander quetschend, um bald darauf wieder die entgegengesetzte Bewegung vorzunehmen und sich dicht aneinander zu lagern, wo sie sich entfernt hatten, sich von einander zu entfernen, wo sie dicht zusammengelegen waren.

Die wogenden peristaltischen Bewegungen sind, wie überall, so auch hier, der Ausdruck einer ungleichmässigen, nur auf gewissen Strecken vorhandenen Contraktion und kommen dadurch zu Stande, dass kontrahirte Stellen mit nicht kontrahirten abwechseln. An den kontrahirten Stellen stehen die Disdiaklasten-Gruppen in mehr geraden Linien, sind einander genähert und in Folge dessen sieht die ganze Reihe dunkler aus. An den nicht contrahirten Stellen stehen sie in Curven, stehen weiter von einander ab und die ganze Reihe erscheint heller. Die sogenannte Zwischensubstanz, die helle, isotrope Substanz ist dort kürzer, aber breiter, überwallt öfters die beiden Grenzlinien der aus Disdiaklasten-Gruppen gebildeten Reihen; hier ist sie länger aber schmaler und tritt zwischen den erwähnten beiden Grenzlinien oft erheblich zurück. So obenhin betrachtet sieht es desshalb auch aus, als ob die helle Zwischensubstanz, die isotrope, die eigentlich contraktile sei. — Wo der Muskelinhalt

contrahirt ist, ist der Muskel selbst darum auch meistentheils schmaler, wo er stark relaxirt ist, breiter. Doch kommen da Abweichungen vor und namentlich kurz vor dem Tode, wenn die Bewegungen an Intensität nachlassen und streckenweise vollständige Ruhe und in ihr eine gleichmässig parallele Aneinanderlagerung der Reihen von Disdiaklasten-Gruppen herrscht.

Die Contraktionen nehmen immer ihren Anfang von der Stelle des Nerveneintrittes aus und schreiten dann wellenförmig den beiden Muskelenden zu. Haben sie diese erreicht, so fangen sie nach einiger Zeit wieder an der Stelle des Nerveneintrittes von Neuem an und immer und immer sieht man dabei dieselben Bewegungen ganz bestimmter Reihen von Disdiaklasten-Gruppen sich wiederholen. Noch auffallender wird das in manchen Fällen kurz vor dem Eintritte des Todes. Dann erlahmt die Muskelenergie, aber nicht gleichmässig, je weiter vom Nerveneintritt, desto früher, je näher demselben, desto später. Die Muskelenden sind oft schon ganz ruhig, dann spielen die Reihen der Disdiaklasten-Gruppen noch in der Nähe des Doyère'schen Hügels. Aber wie? Seltener und träge die, welche auf der ihm entgegengesetzten Seite liegen, öfter und lebhafter die, welche ihm näher sind. Und wenn die ihm zunächst gelegenen noch deutlich sich zusammenziehen und das ganze Muskelbündel nach ihrer Seite biegen, sind die gegenüberliegenden schon eine der ewigen Ruhe verfallene Masse.

Dass ein solcher Vorgang sich am besten mit der Idee verträgt, dass die Disdiaklasten-Gruppen der Länge nach mit einander verbunden seien, dass sie in ihrer Verbindung Fasern oder faserartige Gebilde darstellen, liegt auf der Hand. Wenn ihre Verbindung unter einander auch noch so locker ist und sich vielleicht blos durch eine Art Polarität (!) macht, vorhanden muss sie sein. Sonst sind die beschriebenen Phänomene absolut unerklärlich. — Wenn Stricker unter den von ihm beobachteten Erscheinungen auch eine grosse Menge von solchen wahrgenommen hat, welche sich anscheinend nicht mit einer festen, linienartigen Anordnung der Disdiaklasten-Gruppen vertragen, so ist zu erwägen, dass wir bei der Betrachtung eines sich bewegenden Muskels es nicht mit einer flächenartigen Ausbreitung parallel angeordneter Disdiaklastenreihen zu thun haben, sondern mit Bündeln davon, und dass die tiefer gelegenen Reihen, wenn sie nicht ganz dieselben Bewegungen machen, wie die oberen, störend in das von diesen gelieferte Bild sich ein-

mischen, die durch schon vorhandene Reihen gebildeten Combinationen verdecken müssen.

Die meisten der neueren Untersuchungen mit ihren Resultaten stehen den dargelegten Auffassungen entgegen, vor allen die von Hensen mit der Querscheibentheorie. Die Resultate, zu denen Krause gekommen ist, mit der Annahme von Muskelkästchen, die quer und längs verbunden seien und quer durch eindringende Flüssigkeit leicht von einander entfernt, wenn auch nicht getrennt werden, verträgt sich dagegen mit denselben schon besser. Vollständig übereinstimmend sind die Ansichten von Doenitz[1]) und Wagner[2]). Denn auch diese beiden nehmen wieder die Fibrillen als Muskelinhalt an und wenn sie dieselben auch in ganz anderer Weise beschrieben haben, als ich das zu thun den Anschein erweckt haben mag, so kommt es doch bei der uns beschäftigenden Angelegenheit darauf gar nicht an. Uns soll nur die Fibrille als solche interessiren und nicht das wie sie aufgebaut ist.

Die Fibrille, die alte Schwann- und Valentin'sche Primitivfaser, ist also das nächste Muskelelement, das unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt und die Frage: »Wie kommt zwischen ihr und der nervösen Substanz der Contakt zu Stande?« in Anregung bringt. Wir können kurz sein. Bei den Arthropoden, insbesondere den Coleopteren und Araneiden, hatten wir gefunden, dass die Fibrillen mit einer Materie überzogen zu sein scheinen, mit welcher Kerne und das sie umhüllende Protoplasma des Muskelinnern, das wir mit Kühne als eine Fortsetzung des Inhaltes des Doyère'schen Hügels erklärt hatten, geradezu verklebt erklären. Auch Doenitz und Wagner haben die Muskelfibrillen von einem besonderen Stoffe noch überzogen gefunden. Was dieser Stoff sei, ist vorläufig ganz gleichgültig. Aber wie bei den Arthropoden, so sehen wir auch bei den Vertebraten direkte Fortsetzungen der nervösen Masse von den Nervenhügeln in das Muskelinnere, beziehungsweise zwischen die Muskelfibrillen eintreten und sich verbreiten. Die Muskelfibrille der höheren Thiere ist indessen nicht anders gebaut, als die der niederen. Ich glaube, die Hypothese ist demnach nicht ungerechtfertigt: durch den dünnen,

1) Doenitz. Beiträge z. Kenntniss d. quergestreift. Muskelfaser. Arch. f. Physiolog. 1872. p. 434.

2) G. Wagner. Ueber d. Querstreifen d. Muskeln. Sitzungsberichte d. Marburger Gesellschaft etc. 1872. 2. (Nach Referat im Centralblt. 1872. 29.)

klebrigen Ueberzug der Fibrillen wird ihr Contakt mit der nervösen Substanz gemacht und Muskel und Nervenmasse direkt verbunden. Jede einzelne Fibrille hängt mit dem ihrem Bündel zugehörigen Nerven unmittelbar und für sich zusammen und wird von ihm besonders beeinflusst. Daher auch das nicht gleichmässige Agiren des absterbenden Muskels in allen seinen Theilen auf den noch vom Nerven ausgeübten Reiz, sondern sein blosses, fibrilläres Absterben, wie wir es beschrieben haben.

So lange der Muskel noch zu einer energischen Thätigkeit fähig ist, wenn dieselbe auch durch stärkere Reize, wie Inductionsschläge, hervorgerufen werden muss, zuckt er vermöge dieser Einrichtung durch seine ganze Dicke fast momentan zusammen. Wenn er ermattet, seine Lebenskraft schwindet, werden seine Zusammenziehungen ungleichmässig. Anfangs treten sie noch in der Form peristaltischer Bewegungen auf, die aber um so schwächer und schwächer werden, je mehr sie sich dem Ende nähern, vom erregenden Punkte, dem Nerveneintritte, entfernen. Dann zeigen sie sich nur noch in der Form unregelmässig undulirender Bewegungen, die um so langsamer und oberflächlicher sind, je weiter vom Nerveneintritte sie erfolgen; zuletzt beschränken sie sich nur auf dessen Nähe. Also je weiter vom Nerveneintritte, desto früher erfolgt der Muskeltod und das gilt nicht blos hinsichtlich der Länge sondern auch hinsichtlich der Dicke. Jedes Element, jede Fibrille für sich stirbt ab.

Mit diesen Auffassungen nähern wir uns denen von Margo fast noch mehr, da wir mit ihm uns der Ansicht zuneigen, dass, soweit die contraktile Substanz im Muskelbündel verbreitet ist, auch allem Anscheine nach die nervöse reicht. Die Entwickelungsgeschichte nach den gang und geben Darstellungen ist allerdings solchen Meinungen nicht günstig. Denn ganz abgesehen von den Bedenken, die Krause[1]) erhebt, mit denen er jedoch zum Theil gegen sich selbst kämpft, steht die Angabe fast aller Autoren, dass die Muskelzellen aus dem mittleren Keimblatte, dem Para- oder Haemoblasten von His hervorgehen, ihnen sehr entgegen. Doch scheint in dieser Sache noch kein voller Abschluss zu Stande gekommen zu sein, da

1) Krause. Die motorischen Endplatten der quergestreiften Muskelfaser. p. 86, letzter Absatz.

His [1]) erst neuerdings ganz gegentheilig behauptet hat, die Muskelzellen entstammten seinem Archi- oder Neuroblasten, d. i. dem sonst sogenannten oberen Keimblatte, aus welchem bekanntlich das ganze Nervensystem mit allen seinen Anhängen sich herausbildet. — Allein wenn das auch nicht sein sollte, so kann man sich doch denken, dass zu einer gewissen Zeit der Entwickelung zwei embryonale Zellen verschiedener Abstammung sich so aneinander legen, dass in ihrem weiteren Wachsthum eine Verschmelzung ihrer Leiber nöthig wird. Die eine dieser Zellen, welche dem mittleren Keimblatte entstammt, wächst, um bei der Krause'schen Darstellung zu bleiben, nach zwei entgegengesetzten Richtungen in die Länge und wird zur Muskelspindel, die andere, welche aus dem oberen hervorgegangen ist, wandelt sich zur Nervenzelle um, sendet als solche einen Ausläufer, die später doppeltkonturirte Nervenfaser nach dem Centrum, verschmilzt aber gleichzeitig mit der sich bildenden Muskelzelle und zwar vielleicht in gröberer Weise, als man von vornherein zu denken geneigt ist, nämlich indem ihre Elemente einfach zwischen die jener hineinwachsen. Dass diese Zelle dabei sich theilt, vermehrte, die Mutter von Häufchen von Reihen wird, ist damit nicht ausgeschlossen. Das Zellenwachsthum geht in verschiedener Hinsicht gleichzeitig vor sich. In einiger Zeit umgeben sich dann beide Gebilde mit einer Cuticularschicht, dem Sarkolemma und Neurilemma, als Produkten der noch in den Gebilden vorhandenen rein bindegewebigen Elemente, und die Lage des nervösen Hügels unter dem Sarkolemma und die Ausbreitung der nervösen Masse zwischen der Muskelsubstanz wird dadurch auch nach dieser Auffassung der betreffenden Entwickelungsvorgänge erklärlich und verständlich. — Wir sagten, das Sarkolemma, Neurilemma werde in diesem Falle als eine Art Cuticularbildung von den in der neugebildeten Muskelzelle noch vorhandenen rein bindegewebigen Elementen abgeschieden. Ich glaube, ein solcher Vorgang wird heute von sehr vielen, wenn nicht gar den meisten Seiten angenommen. Woher kommen aber diese rein bindegewebigen Elemente? Ich denke mir, dass, wenn die Muskelzelle wirklich aus dem mittleren Keimblatte hervorgeht, sie wie alle Abkömmlinge desselben zu Vorläufern der Bindesubstanz gehört. Es wohnt ihr die Tendenz inne, sich in solche umzubilden. Bei ihrer

1) His. Untersuchungen über d. erste Anlage d. Wirbelthierleibes. — Die erste Entwickelung d. Hühnchens im Ei. Leipzip 1868. p. 39. 43.

Entwickelung zu einer Faser treten mehrere Kerne in ihr auf. Die Mutterzelle erfüllt sich mit Tochterzellen. Einzelne von diesen letzteren wandeln sich zu Muskelsubstanz um. Ihre Kerne werden Muskelkerne und ihr Protoplasma quergestreifte Substanz, die sich zu Fibrillen anordnet. Andere Kerne dagegen entwickeln sich in der ihnen von Hause aus innewohnenden Tendenz weiter und werden Kerne der Bindesubstanz. Von ihnen stammt das Sarkolemma ab. — Auf den etwaigen Vorgang ist das Eindringen der Nervenzelle und ihrer Abkömmlinge zwischen die Glieder der Muskelzelle möglicherweise nicht ohne Einfluss. Denn es wandeln sich vielleicht blos diejenigen Abkömmlinge der sich ausbildenden Muskelzelle in wirkliche Muskelsubstanz um, welche von den sich ausbildenden nervösen Zellen getroffen und beeinflusst wurden, und werden hingegen diejenigen zu Zellen der Bindesubstanz, welchen jener Einfluss mangelte. Das Ganze ist jedoch nur ein Erklärungsversuch und macht weiter keine Ansprüche. Ich habe selbst keine einschlägigen Beobachtungen zu machen Gelegenheit gehabt und entgegen stehen ihm die Angaben von His, welche ja ausserordentlich viel Verführerisches haben. Nach beiden Ansichten kommen wir aber dazu, dass nicht alle Muskelkerne, wie sie nicht gleich aussehen, auch nicht gleichwerthig sein können. Die einen sind Kerne eines bis auf einen kleinen Rest vollständig differenzirten Protoplasmas, das sind die wahren Muskelkerne. Die anderen sind Kerne der nervösen Bestandtheile des Muskelinhaltes und als solche jenen entweder ganz heterogen oder hinter ihnen in der Entwickelung, d. h. auf einem dem ursprünglichen näheren Standpunkte zurückgeblieben.

Bis hierher herrscht, soweit es sich um Thatsächliches handelt, im Grossen und Ganzen Uebereinstimmung mit den Erforschungen früherer Beobachter. Für jede der von uns beigebrachten Thatsachen fanden wir Unterlagen bei dem Einen oder dem Andern. Jede ist bereits das eine oder das andere Mal gesehen worden. Wir haben aber noch manche andere Ergebnisse unserer Untersuchungen zu registriren und diese sind bis jetzt noch nicht durch anderweitige Beobachtungen begründet, ja stehen zum Theil sogar im Widerspruch mit denen, die bisher als massgebend galten.

Hierher gehören zunächst die genuinen Nervenhügel bei den Fröschen. Nach Kühne's Angaben[1]) sollen bei denselben bekanntlich

1) Kühne in Stricker's Handbuch l. c. p. 155.

nur die eigenthümlich verästelten, mit Kernen besetzten Fasern sich finden, in die der Axencylinder des zutretenden Nerven innerhalb des Muskels sich auflöst, und demgemäss sollen die Verhältnisse auch bei den Tritonen und Kröten, bei Proteus und Salamandra, also bei allen Lurchen, liegen. Allein schon Engelmann[1]) hat seiner Zeit hervorgehoben, dass dieses nicht der Fall sei, sondern dass die intramuskuläre Nervenendigung bei den geschwänzten Lurchen sich ganz anders mache und der bei den Reptilien vorhandenen, also der mittelst Nervenhügel, sehr nahe kommen. Nach unserer Erfahrung ist sie derselben im Wesentlichen ganz gleich und ist nicht blos bei den geschwänzten Lurchen vorhanden, sondern kommt auch bei den ungeschwänzten, den Fröschen, vor.

Allerdings hat auch Krause davon berichtet; allein es hat dieser Forscher meines Erachtens dabei die Dinge nicht gehörig auseinander gehalten und ausserdem manche bereits anderweitig untergebrachten wieder hierher rubrizirt. Seine kleinen, nur aus 1, 2, oder 3—5, jedenfalls nur aus wenigen Kernen bestehenden Platten, die unzweifelhaft über dem Sarkolemma liegen, gehören nicht hierher. Wir werden sie wo anders wiederfinden. Und die von bedeutenderem Umfange sind grössten Theils blos die intramuskulären Axencylinder-Systeme Kühne's, verändert durch eine sehr eingreifende Präparationsmethode. Nur eine seiner Figuren (Motor. Enpplatten. 52. p. 97) scheint dafür Zeugniss abzulegen, dass er in der That auch die ächten, mehr complexen Nervenhügel gesehen hat, welche ich beschrieben habe. Indessen, es ist die Zeichnung sehr schematisch gehalten und die Beschreibung lässt auch manchen Zweifel übrig, ganz abgesehen von dem Umstande, dass sie nicht zutreffen kann, weil er die Gebilde ja extramuskulär sein lässt. Von Interesse ist dabei nichtsdestoweniger der Umstand, dass Krause in ein und dieselbe Platte zwei markhaltige Nerven eintreten lässt, ganz so wie wir angegeben, dass es gar nicht so selten in allen Thierklassen vorkomme.

So ziemlich dasselbe gilt auch bei den Fischen. Kühne[2]) glaubte, wenigstens früher, dass die motorischen Nerven bei denselben in der nämlichen Weise wie bei den Lurchen endigten. Engelmann[3])

1) Engelmann. Untersuchungen über d. Zusammenhang v. Nerv u. Muskel. p. 22—23.

2) Kühne. Ueber d. peripherischen Endorgane d. mot. Nerv. p. 31.

3) Engelmann. Untersuchungen etc. p. 17.

war der Meinung, dass sie das mehr in der von ihm bei den Tritonen angegebenen Weise thäten und nach Durchbohrung des Sarkolemmas mittelst einer feinkörnigen Masse direkt in die contraktile Substanz übergingen. Später entdeckten andere Forscher zwar Gebilde, welche sie für veritable Nervenhügel hielten; allein da dieselben immer nur aus 1—2 oder höchstens nur aus 3—5 Kernen bestehen und sicher über dem Sarkolemma liegen sollten, so sind das zum Wenigsten nicht die Hügel gewesen, welche wir beschrieben haben. Sie gehören, obgleich wir von den Eidechsen wissen, dass thatsächlich 1-kernige Hügel vorkommen, doch wohl zumeist zu den von Krause beschriebenen 1-, 3-, 5-kernigen über dem Sarkolemma gelegenen und werden gelegentlich dieser noch auf sie zurückkommen. Zuletzt sind aber von Trinchese[1]) und Krause[2]) wahre motorische Hügel beschrieben und auch abgebildet worden, von jenem bei Torpedo, von diesem bei Torpedo und einer grösseren Anzahl von Knochenfischen. Bei letzteren sollen sie sehr lang, schmal und dünn sein, mit ihrer Längsachse stets der Länge des Muskels entsprechend liegen und würden damit Verhältnisse zeigen, welche im grossen Ganzen den von uns gefundenen entsprächen.

Sodann gehören hierher die Besonderheiten, welche wir an den Nervenhügeln kennen gelernt haben, ihr Verhältniss zu den in sie einmündenden Nerven, ihr Verhältniss zu andern Nervenhügeln, ihre Verbindung oder sogar theilweise Verschmelzung unter einander. Bisher hat man nur Nervenhügel gekannt, welche einzig und allein mit einer Nervenfaser in Verbindung standen. Wir sind solchen begegnet, welche ganze Bündel von Nervenfasern aufnahmen. Wir trafen sie bei den Lurchen und Reptilien und denke ich mir, dass vorzugsweise zwei Faktoren, ihr Alter, d. i. ihre Abstammung aus der ältesten Bildungsperiode der Muskeln, und ihre unvollkommenen Theilungen bei den Muskeltheilungen in den späteren Perioden der Grund ihres Daseins sind. Aehnlich verhält es sich auch mit den Verbindungen der Hügel unter einander oder mit ihren Verschmelzungen zu einer grösseren Masse. Das Alter und der Theilungsprocess der Muskeln spielen dabei eine vorwiegende Rolle. — Wir haben Nervenhügel verschiedener Ordnung, 1ster, 2ter bis letzter, unterschieden. Die Nervenhügel letzter Ordnung waren gemeinhin die kleinsten, die

1) l. c.

2) Krause. Motorische Endplatten. p. 194.

1ster Ordnung die grössten, obgleich das gewiss nicht immer zu sein braucht. Die Nervenhügel der verschiedenen Ordnungen liegen zum Theil in demselben, häufiger in verschiedenen Muskelbündeln. Im ersteren Falle ist eine Theilung der wuchernden nervösen Substanz bei einem vielleicht beschleunigten Wachsthum der Muskelzelle in die Länge als Ursache anzusehen. Im zweiten Falle haben wir dieselbe in einer Theilung der Muskelbündel der Quere nach, in einer Produktion von Kühne'schen Muskelspindeln, Koelliker'schen Muskelknospen mit einer Abzweigung nervöser Substanz als Koelliker'scher Nervenknospen [1]) zu suchen. Die Koelliker'schen Nervenknospen werden in ihrem weiteren Wachsthume zu sekundären Nervenhügeln und ihr zugehöriger Nerv geht hervor aus der Masse, welche die Knospe noch mit ihrem Stamme, einem Nervenhügel höherer Ordnung, verband. Es ist hierbei ersichtlich, dass, wenn auch die Theilung der Muskelbündel durch eine Scheidewandbildung von Seiten des Sarkolemmas bedingt werden mag, der Art, dass das Sarkolemma zwischen eine Partie von Muskelfibrillen scheidenartig hineinwächst und sie abschnürt, noch ganz und gar nicht die bezügliche nervöse Substanz auch abgeschnürt werden muss. Das die Muskelfibrillen abschnürende Sarkolemma umgeht diese, lässt für sie eine Oeffnung frei. Nach vollendetem Theilungsprocesse und bei weiterem Wachsthume wird aus der einfachen Oeffnung ein Kanal mit zwei Oeffnungen, von denen die eine im Mutterbündel, die andere im Tochterbündel liegt. Im Kanal selbst aber ist nervöse Masse. Diese bildet sich in Fasern um, wird eigentlicher Nerv, und die Wände des Kanals, die sarkolemmatische Hülse wird ihr resp. sein Neurilemma. So bekommen wir genetisch die Fasern, welche wir aus den Nervenhügeln entspringen und das Sarkolemma durchbrechen sahen, um als scheidenführende Nerven mit oder ohne Mark in andere Hügel sich einzusenken.

Koelliker hat die Nervenknospen benutzt, um an ihnen den Nachweis zu führen, dass die Nervenhügel extramuskulär gelegen sein müssten. Wir sehen, dass sie sich sehr wohl auch mit der intramuskulären Lage derselben vertragen, wenn man die Sache auffasst, wie wir es zu thun gewagt haben.

Seit Greeff den Doyère'schen Hügel in den Muskeln der Arctiscoiden mit einer Ganglienzelle verglichen hat, hat es verschiedenen

3) Koelliker. Gewebelehre. 5. Aufl. p. 273.

Forschern beliebt, diesen Vergleich aufzunehmen und ihn nicht blos auf die Doyère'schen Hügel der Insektenmuskeln zu übertragen, sondern an ihn auch bei den Nervenhügeln der Wirbelthier-Muskeln zu erinnern. Ich finde die bezügliche Greeff'sche Bemerkung ausgezeichnet. Nur möchte ich statt des Wortes Ganglienzelle, worunter bei höher organisirten Thieren ganz besondere Zellformationen, die Ganglienkörper mit verstanden werden, den Ausdruck Nervenzelle vorziehen, weil dieser einen weiteren Begriff hat. Jede Ganglienzelle ist zwar eine Nervenzelle, aber nicht jede Nervenzelle ist auch eine Ganglienzelle. Und so erkenne auch ich in dem Doyère'schen Hügel der Insekten und Spinnen als wesentlichen Inhait eine Nervenzelle und in den Nervenhügeln der Wirbelthiere eine Ansammlung solcher zu Häufchen an. Der kernführende Protoplasmamantel der Krebse stellt eine solche in flächenartiger Ausbreitung dar. Diese Nervenzellen bestehen nun, wie wir gesehen haben, aus einem rundlichen, flachen, öfters dunkelrandigen und darum leicht gewölbten Kerne, der mehrere kleine uud daneben nicht selten auch ein grösseres Kernkörperchen enthält und von einem körnigen, stellenweise deutlicher körnig-faserigen Protoplasma umgeben sind, das unter einander verschmolzen ist und hie und da durch seine Fäden unzwelfelhaft in derbere Fasern, Nervenfasern, übergeht. Diese Nervenzellen gleichen somit vollkommen den Nervenzellen in den Centralorganen des Nervensystems niederer oder noch in der Entwickelung begriffener höherer Thiere, auch denen des fötalen oder neugeborenen Menschen. Die Doyère'schen Hügel, sowie die Nervenhügel der Wirbelthiere und der Protoplasmamantel der Krebse machen daher den Eindruck, als ob sie vorgeschobene Posten centraler Nervensubstanz seien, Heerde, an welchen Reize aufgenommen und so verarbeitet werden, dass ein ganz bestimmter Effect, die Anregung der Muskelfaser zur Contraktion, erzielt wird. Die Verarbeitung aller einwirkenden Reize in diesem Sinne scheint ihre Energie zu sein. Gelingt es, diese aufzuheben, so wird der Muskel unthätig, trotzdem der zuführende Nerv für Reizeinwirkung noch empfänglich ist. Ist dieselbe dagegen erhalten, so bleibt der Muskel auch noch contraktionsfähig, selbst wenn der Einfluss des zuführenden Nerven eliminirt ist. Die Curarewirkung einerseits, sowie die specifische Muskelirritabilität andererseits finden auf diese Weise ihre Erklärung, während jede andere bis jetzt gegebene doch recht im Stiche lässt.

Ausser den motorischen Nerven haben wir noch sensible in den

Muskeln zu erkennen geglaubt. Wir haben gesehen, dass auch Reichert, Koelliker, Krause Derartiges berichtet haben und dass Greeff gewisse andere Nerven, die aber in ihrem sonstigen Verhalten viel Aehnliches besitzen, auch dafür angesehen hat. Die sämmtlichen Forscher haben diese Nerven ziemlich so beschrieben, wie wir sie gefunden haben, dass es Fasern seien, die sehr bald ihr Mark verlieren und ganz gewöhnlich in marklose übergehen. Doch keiner hat über ihre Endigung etwas Bestimmtes angegeben, es sei denn, dass man Koellikers[1]) Mittheilung, beim Frosche endeten sie schliesslich frei, dafür annehmen will.

Bei Fischen hat Engelmann[2]) in grosser Menge Nervenfasern vorgefunden und in einer Weise beschrieben, welche viel Aehnlichkeit mit der hat, in welcher wir unsere sensibelen Fasern beschrieben haben, markhaltige Fasern, die dünner und dünner würden, nur allmählig ihr Mark verlören und das Sarkolemma einschnürend endeten. Engelmann hat diese Fasern, wie auch die bis zu Ende markhaltigen für motorische angesehen, und die Einschnürung des Sarkolemmas, die er sich nicht recht hat erklären können, als den Ausdruck einer Durchbohrung desselben von Seiten des Nerven zu deuten gesucht. Ueber die wirkliche Endigung ist er indessen im Unklaren geblieben, weil er glaubte, sie im Muskelinneren suchen zu müssen, aber natürlich nicht fand. Schon vor ihm hatte Naunyn[3]) beinahe dasselbe von Froschmuskeln bekannt gemacht und darauf hin Kühne mit seinen intramuskulären Axencylindern angegriffen. Naunyn ist deshalb arg getadelt worden; aber Unrichtiges hat er nicht berichtet. Aehnlich beinahe verhielt es sich mit Beale. Auch dieser[4]) griff Kühne an und zwar aus fast demselben Grunde, d. h. weil er gefunden hatte, dass, nachdem sich die Nerven zwischen den Muskelbündeln wiederholt getheilt hätten, die feinsten Nervenfasern schliesslich auf dem Sarkolemma ein Netzwerk bildeten, das durch kleine Körperchen vermittelt würde, welche den Bindegewebskörperchen als gleichwerthig zu erachten wären. Weder

1) Koelliker. Gewebelehre. 5. Auflage, p. 173.

2) Engelmann. Untersuchungen über den Zusammenhang von Nerv und Muskelfaser. p. 17—18.

3) Naunyn. Ueber d. angebl. peripherisch. Endorgane d. motor. Nerven, Arch. f. Anat. u. Phys. 1862. p. 485.

4) Beale l. c.

Beale noch auch Naunyn hatten bis dahin die motorischen Nervenendapparate im Froschmuskel gesehen und ganz andere Nerven dieser letzteren mit ihren einschnürenden Touren um die einzelnen Bündel und den bekannten Kernen oder Kernhäufchen an ihren Theilungsstellen und Enden für die motorische Nervenendigung genommen. Wir nehmen deshalb keinen Anstand diese Angaben in unserem Sinne zu verwerthen und die charakterisirten Nerven für unsere sensibeln zu erklären, da sie sich so wesentlich von den unzweifelhaft motorischen unterscheiden und zu den von den betreffenden Beobachtern und auch von uns als sensible bezeichneten vollständig passen.

Unter den motorischen Fasern, welche Krause u. A. beschrieben haben, begegnen wir wiederholt solchen, zumal bei den Lurchen und Fischen, welche schmaler und minder markhaltig als die gewöhnlichen, zum Theil nur 0,0012 Mm. breit und blass sind[1]), in der Nähe eines oder auch mehrerer, 4—5 Kerne endigen, und von denen ausdrücklich gesagt wird, dass sie über dem Sarkolemma liegen. Es sind das die uns bereits mehrfach vorgekommenen kleinen Nervenhügel, deren Besprechung wir immer vermieden haben. Nach dem, was wir von unseren sensibelen Nerven wissen, müssen wir annehmen, dass diese Art Nervenfasern mit ihren kleinen Nervenhügeln zu ihnen gehören, und nicht, was wir gelegentlich schon haben durchblicken lassen, motorischer Natur sind. Die einzelnen Kerne und Kernhäufchen, an denen sie endigen, sind daram auch keine motorischen Nervenhügel oder deren Aequivalente, sondern eben andersartige Bildungen, und daraus erklärt sich ein grosser Theil der Differenzen, welche zwischen den einzelnen Beobachtern, die wir kennen gelernt, obgewaltet haben.

Welche Bedeutung diese Kerne und Kernhäufchen haben, ist fraglich. Dass es Zellen oder Zellenäquivalente sind, ist klar. Aber was aus ihnen machen? — Man kann sie meines Erachtens ebensowohl als blosse, für die Gegenwart bedeutungslose Reste aus der Bildungsperiode auffassen, als vielleicht auch als Aufnahmeapparate, ähnlich den Tastkörperchen, Endkolben, Riechzellen etc. ansehen. Ich habe viel mehr Neigung das Letztere zu thun, kann aber zur Zeit nicht mehr zur Unterstützung desselben beibringen, als den Umstand,

1) Krause. Motorische Endplatten, p. 103.

dass wo wir sensibele Fasern genauer erkannt haben, wir sie auch stets mit zelligen Gebilden als End- oder vielleicht richtiger gesagt, Anfangsapparaten, zu einer bestimmten Reizaufnahme qualificirt, im Zusammenhange gefunden haben. Die freien Endigungen der sensibeln Nerven sind von Jahr zu Jahr weniger geworden und ich meine, dass sie jetzt beinahe ganz verschwunden seien. Wir können nicht annehmen, dass sie im Muskel noch hartnäckig zurückgeblieben seien. Die Kerne und Kernhäufchen, von denen wir reden, dürften desshalb schon aus diesem Grunde auch als solche Aufnahmeapparate anzusehen sein.

Den längsten Theil ihres Verlaufes liegen, wir wir wissen, die sensibelen und motorischen Fasern zu einem Strange vereinigt, zusammen. Vielfach sondern sie sich erst kurz vor ihrer Endigung. Bei den niederen Thieren, den Arctiscoiden, scheint dies nach Greeff aus derselben Faser zu geschehen, aus welcher auch der Doyère'sche Hügel, das unzweifelhaft motorische Element, schliesslich anschwillt. Bei den übrigen Arthropoden, namentlich den Araneiden und Astacus geht diese Sonderung öfters erst dicht vor oder anscheinend erst gar in dem Doyère'schen Hügel, beziehungsweise dessen Aequivalent vor sich. Ja es sieht zuweilen aus, als ob diese Fasern erst im Doyère'schen Hügel selbst ihren Ursprung nehmen, wie die motorischen, welche zu Nervenhügeln sekundärer Ordnungen ziehen. (Vergl. Fig. 8 u. 10.) Wir haben zweifelhafte Gebilde der Endapparate der Muskelnerven, von denen wir uns sagen mussten, sie seien nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht zu definiren, auch bei den höheren Thieren, bei Rana, Anguis, Fringilla gefunden. Sind diese zweifelhaften Gebilde nicht vielleicht dadurch zu erklären, dass sie in der That beides, motorische und sensibele Heerde zugleich sind, weil eine Sonderung in Beide noch nicht stattgefunden hat? — Die Entwicklungsgeschichte kann allein darüber Aufschluss geben. Indessen von vornherein steht einer solchen Auffassung gar Nichts entgegen und, manche Beobachtung, die sonst viel Unverständliches hätte, spricht eher pro als contra.

Die Existenz der sensibelen Muskelnerven, so sehr sie auch von manchen Forschern angezweifelt und als unnöthig erachtet worden ist, die aber dennoch nach den alltäglichsten Wahrnehmungen nothwendig erscheint — das Gefühl der Ermüdung, der Steifigkeit nach grossen Anstrengungen, das Gefühl von dem Grade der zu einem bestimmten Zwecke aufgewendeten Kraft u. dgl. m. erfordern

sie — diese Existenz kann danach als gesichert betrachtet werden. — Viele Dinge, welche wir bei den motorischen Nerven erörtert haben, gelten auch für die sensibelen und aus ihnen können wir manche Erscheinungsweisen erklären, unter denen sie uns begegnen. Insbesondere möchte ich dabei an ihre netzartige Ausbreitung über mehrere Muskelbündel erinnern und demnächst an den Umstand, dass auch sie, wie die motorischen Nerven von Kernhaufen zu Kernhaufen ziehen, und dass dazu wohl nichts Anderes, als das Muskelwachsthum und die Muskeltheilung ebenso wie dort als Grund mitgewirkt haben, ein Umstand, der in Betracht gezogen werden muss, wenn es die Beurtheilung des Werthes der jeweiligen Nerven- und Muskelknospen gilt, und der zu manchen Verwirrungen Veranlassung geben kann, wenn ihm nicht die gehörige Beachtung gezollt wird. Andererseits unterliegen diese Fasern aber gewiss auch manchen differenten Einwirkungen, und diese bedingen dann die Unterschiede, welche wir zwischen ihnen und den motorischen zu erkennen vermögen. Allein welche das immer auch sein mögen, der Hauptunterschied zwischen den motorischen und sensibeln Fasern allgemein ausgedrückt ist der, dass die ersteren breite, markhaltige Fasern sind, welche unter dem Sarkolemma, also intramuskulär endigen, die letzteren schmale, markarme, zum Theil blasse, marklose Fasern sind, welche über dem Sarkolemma, also extramuskulär endigen, nachdem sie das Muskelbündel oft erst schlingenartig umgriffen haben. Der letzte Punkt verdient nicht ohne Berücksichtigung zu bleiben, weil auf ihm wohl nicht zum kleinsten Theile die Duplicität des Muskelgefühles, die sich in den gemeinen Gefühlen und dem sogenannten Muskelsinne äussert, beruhen dürfte.

Erklärung der Figuren.

Tafel XIX, XX, XXI.

Fig. 1. Muskelbündel aus dem Schenkel von Musca domestice in 1 % Kochsalzlösung behandelt, mit axialen und paraxialen Kernreihen, die durch mehr quergestellte sowohl unter einander als auch mit den Doyère'schen Hügeln verbunden sind, mit zwei grossen Doyère'schen Hügeln im Profil und einigen kleineren von oben gesehenen (bei *a*.) Vergr. c. $^{600}{}_{1}$.

a. Ausgetretener Inhalt aus einem Doyère'schen Hügel eines Muskelbündels der Musca vomitoria. Von Protoplasma umgebene Kerne — Zellen. Vergr. c. $^{600}/_{1}$.

Fig. 2. Muskelprimitivfäsern und Muskelkerne von Rhagium inquisitor. Vergr. c. $^{600}/_{1}$.

a. Kerne mit ihrem Protoplasmahofe in Serum isolirt.

b. Fibrillen mit 1 % Essigsäurelösung behandelt, die mit Muskelkernen, Körnchen und Krümchen, die ihnen fest anhaften, bedeckt sind.

Fig. 3. Muskelbündel aus dem Thorax vom Rhagium inquisitor in 1 % Kochsalzlösung behandelt mit axialer und paraxialen Kernreihen, die ebenfalls durch mehr quergestellte sowohl unter einander als auch sehr deutlich mit dem Doyère'schen Hügel verbunden sind. Vergr. wie vorige.

a. Doyère'sche Hügel.

b. Tracheen.

c. Lichte Masse, welche sich von den Doyère'schen Hügeln unter dem Sarkolemma fortsetzt und sie z. Th. unter einander verbindet.

Fig. 4. Muskelbündel von Carabus auratus, ein und dasselbe, A mit 1 % Kochsalzlösung und danach B mit Chlorgold und Essigsäure behandelt. Auch hier wieder eine axiale und mehrere paraxiale Kernreihen, die durch mehr quergestellte unter einander und mit den Doyère'schen Hügeln verbunden sind. Vergr. wie vorige.

a. Doyère'scher Hügel mit einem einzigen zuführenden Nerven.

b. Doyère'scher Hügel mit einem zuführenden Nerven, der sich vor seinem Eintritt in denselben 2 mal dichotom theilt.

c. d. Tracheen.

e. Muskelkerne in z. Th. sternförmig erscheinenden Spalträumen.

f. Doyère'scher Hügel, der unter dem Muskelbündel gelegen ist.

Fig. 5. Muskelbündel aus einem Fusse von Pontia (Raupe) mit 1 % Kochsalzlösung und $^{1}/_{10}$ % Essigsäurelösung behandelt. Vergr. c. $^{600}/_{1}$.

a. Zwei zuführende Nerven, die in eine Anhäufung von nervöser Substanz münden, welche ungleichmässig mantelartig über das Muskelbündel vertheilt ist und glasig gequollen das Sarkolemma

unregelmässig abhebt. Muskelbündel durch zahlreiche Längsspalten zerklüftet. Theilungsprocess.

Fig. 6. Muskelbündel aus dem Schenkel von Gamasus mit mehreren Kernreihen und einem Doyère'schen Hügel a. Vergr. $^{600}/_{1}$.

Fig. 7. Querschnitte von Muskelbündeln der Tegenaria, wie sie sich durch zufälliges Umbiegen der Bündelenden ergaben. Vergr. dieselbe.

a. Profilansicht der axialen und paraxialen Kernreihen mit ihren Verbindungen unter einander, die in a und b sternförmige Figuren bilden.

Fig. 8. Muskelbündel aus dem Schenkel von Tegenaria mit 1 % Kochsalzlösung und $^{1}/_{10}$ % Essigsäurelösung behandelt. mit axialen und paraxialen Kernreihen, die ebenfalls wieder unter einander und auch mit den Doyère'schen Hügeln durch mehr quergestellte Reihen verbunden sind. Vergr. wie vorige.

a. Kerne mit körnig-faserigem Protoplasma, das z. Th. baumförmig verzweigt ist.

b. Doyère'sche Hügel.

c. Zuführender Nerv, der sich wiederholt theilt und bei

d. einen Faden abgiebt, der zu einem ganz entfernten Muskelbündel geht.

e. Nervenfasern, welche das Muskelbündel schlingenartig oder mit Spiraltouren umspinnen.

Fig. 9. Muskelbündel aus dem Schenkel von Epeira, behandelt wie voriges. Ebenfalls axiale und paraxiale Kernreihen mit dem Doyère'schen Hügel verbunden. Vergr. dieselbe.

a. Kerne mit baumförmig verzweigtem Protoplasma, das sich zwischen der Muskelsubstanz verliert.

b. Doyère'scher Hügel mit Körnchenreihen und Fäden, welche vom Nerven kommen, seine obere glasige Abtheilung durchsetzen und sich in das baumförmig verzweigte Protoplasma der Kerne verlieren.

c. Zuführender Nerv, der sich dichotom theilt und

d. einen Ast für ein anderes Muskelbündel abgiebt.

Fig. 10. Muskelbündel aus der Scheere von Astacus im eigenen Serum untersucht. Vergr. wie vorige.

a. Zuführender Nerv.

b. Nervöse Substanz, die ungleichmässig mantelartig über das durch Längsspalten zerklüftete Bündel ausgebreitet ist.

c. Nervenfasern, welche den Nerveneintritt mit entlegeneren Nervenmassen verbinden.

d. Nervenfasern, welche vom Nerveneintritt her das Muskelbündel schlingenartig umgreifen.

e. Neurilemmatische,

f. Sarkolemmatische Kerne.

Fig. 11. Muskelbündel aus dem Schwanze von Palaemon nach vorgängiger Härtung in Spiritus untersucht. Vergr. die vorige. Axiale und paraxiale Kernreihen.
a. Zuführender Nerv.
b. Nervöse Masse, welche ungleichmässig in Häufchen oder Reihen, die aber unter einander in Verbindung stehen, das Muskelbündel umgeben.
c. Neurilemmatische,
d. sarkolemmatische Kerne

Fig. 12. Muskelbündel aus dem Schwanze von Palaemon mit Chlorgold und nachfolgender Wäsche in diluirter Essigsäure behandelt. Vergr. die vorige.
a. Zuführende Nerven.
b. Nervöse Massen, welche durch
c. eine Kernreihe im Muskelinneren in Verbindung stehen.
d. Fasern, welche aus den grösseren Massen ihren Ursprung nehmen und von Kern zu Kern ziehend in das Muskelinnere eindringen.
e. Verbindung von Fasern, die von ganz verschiedenen Ursprungsheerden ausgegangen sind.

Fig. 13. Muskelbündel aus dem Hyoglossus von Rana temporaria mit Chlorgold behandelt. Vergr. die vorige.
a. Nervenhügel.
b. Nervenfasern, welche aus demselben wieder ihren Ursprung nehmen.
c. Büschelförmige Auflösung und Endigung eines Nerven in der von Kühne angegebenen Weise.
d. Communikation zweier Fasern an ein und demselben Kerne.

Fig. 14. Muskelbündel aus den Schultermuskeln von Salamandra maculata. Vergr. dieselbe.
a. Nervenhügel (Haupthügel).
b. Nervenbündel, das aus demselben entsprungen.
c. Nervenhügel (Nebenhügel).
d. Verbindungsfaser von c mit a durch b (extramuskulär).
e. Verbindungsfaser von c mit a direkt (intramuskulär).

Fig. 15. Nervenhügel von Rana temporaria mit 2 zuführenden Fasern. Aus dem Brusthautmuskel nach 24 stündiger Einwirkung von 1 % Essigsäurelösung. Nur in der Nähe des Nerveneintrittes ausgeführt. aa. Muskelkerne. Vergr. c. 1000 mal.

Fig. 16. Nervenhügel von Rana temporaria mit einer zuführenden Faser. Aus dem Brusthautmuskel nach 24 stündiger Einwirkung einer $^1/_2$ % Salzsäurelösung. Ebenfalls nur in der Nähe des Nerveneintrittes ausgeführt. aa. Muskelkerne. Vergr. c. 1000 mal.

Fig. 17. Endigung von sensibeln Fasern im Brusthautmuskel von Rana tem-

poraria nach 24stündiger Einwirkung einer $^1/_2$ % Salzsäurelösung. Vergr. wie vorige.

a. Drei markhaltige Fasern mit Schwann'schen Scheiden, von denen feine Bindegewebsfaser (β) mit neurilemmatischen Kernen (α) besetzt seitlich abgehen um sich unter Anderem an das Sarkolemma zu begeben, welches die Fläche $\gamma\gamma\gamma\gamma$ darstellt.

b. Fortsetzung der Nervenfaser, die stellenweise zerrissen und nur noch durch einzelne glänzende Kügelchen markirt wird, bis zum Sarkolemma.

c. Kerne nervöser Substanz. — Nervenzellen.

d. Nervenzellen, die durch ihr Protoplasma unter einander verbunden sind und mit faserartigen Bildungen (e) zusammenhängen, die sich zuweilen (f) eigenthümlich verbreitern.

g. Myelinplaques.

h. Muskelkerne.

Fig. 18. Muskelbündelgruppe aus den Rückenmuskeln von Anguis fragilis mit Chlorgold, und danach mit Kali caustic. und Acid. acetic. behandelt, aber in der Zeichnung nicht ausgeführt. Vergr. 600mal.

a. Nervenhügel (?) 1ter Ordnung.

b. Nervenhügel (?) 2ter Ordnung.

c. Kernhäufchen und einzelne Kerne in den Theilungsstellen sensibeler Fasern gelegen.

d. Anschwellungen im Verlaufe der Fasern, die wohl auf Myelinerinnungen zu beziehen sind.

e. Umspinnende und das Muskelbündel einschnürende Fasern.

Fig. 19. Muskelbündel aus den Flossenmuskeln von Pleuronectes. (Platessa.) Frisch untersucht mit Zusatz von Essigsäure. Vergr. 600mal.

a. Nervenhügel, von denen Nervenfasern ausgehen, welche das Muskelbündel umspinnen und z. Th. wohl auch durchsetzen.

Fig. 20. Muskelbündel aus den Augenmuskeln von Perca fluviatilis. Wie voriges.

a. Nervenhügel mit umspinnenden und in das Muskelbündel eindringenden Nerven.

b. Zuführender Nervenstamm.

Fig. 21. Muskelbündel aus den Adductores femorum von Fringilla domestica mit Chlorgold und $^1/_{10}$ % Essigsäurelösung behandelt. Vergr. wie vorige.

a. Zuführender Nervenstamm.

b. Nervenhügel (?).

c. Nerven, welche aus demselben entspringen.

d. Kerne und Kernhäufchen, welche in ihren Theilungsstellen liegen.

e. Capillarrohr, welches das Muskelbündel umstrickt.

Fig. 22. Muskelbündel aus den Augenmuskeln einer Taube, mit $^1/_{10}$ % Essiglösung behandelt. Vergr. wie vorige.

a. Grosser, kegelförmiger Nervenhügel und in diesem Theilungen des Axencylinders in der oberen hellen Abtheilung und
b. Entstehung feiner Fibrillen aus der unteren kernführenden Abtheilung.

Fig. 23. Muskelbündel aus den Muskeln der Halswirbelsäule einer Taube mit $^1/_{10}$ % Essigsäurelösung behandelt. Nicht ausgeführt. Vergr. dieselbe.
a. Tief eingedrückter Nervenhügel.

Fig. 24. Muskelbündelgruppe aus den Nackenmuskeln eines mittelgrossen Kaninchens mit $^1/_{10}$ % Salzsäurelösung behandelt. Vergr. 400 mal.
a. Nervenhügel, aus denen Fibrillen ihren Ursprung nehmen und zu Kernen und Kernhäufchen ziehen, die z. Th. ganz andern Muskelbündeln angehören.

Fig. 25. Muskelbündel aus den Nackenmuskeln eines jungen Kaninchens mit $^1/_{10}$ % Salzsäurelösung behandelt. Vergr. c. 600 mal.
a. Nervenhügel.
b. sehr schwach entwickelte Fasern, welche aus demselben ihren Ursprung nehmen und Kernen folgend der Längsrichtung des Muskelbündels entsprechend verlaufen.

Fig. 26. Muskelbündelgruppe aus dem Psoas des Meerschweinchens mit $^1/_{10}$ % Salzsäurelösung behandelt. Vergr. 300 mal.
a. motorische,
b. sensible Abtheilung des betreffenden Nervenstranges.
c. Nervenhügel.
d. sensibele Nervenplaques.
e. pinselförmige Endigung sensibeler Nervenfasern.
f. zerstreute Endigung sensibeler Nervenfasern.

Fig. 27. Muskelbündel aus dem M. substernalis des Hundes mit Chlorgold und nachfolgender Wäsche in $^1/_2$ % Essigsäurelösung behandelt. Vergr. 600 mal.
a. Nervenhügel 1ter Ordnung.
b. Nervenhügel 2ter resp. 3ter Ordnung z. Th. aus dem zerrissenen Sarkolemma ausgetreten.
c. Fasern, welche aus den Nervenhügeln entspringen und sowohl diese unter einander verbinden, als auch einzelne Kerne, welche dem Muskelbündel angehören.

Fig. 28. Muskelbündel, aus dem M. substernalis des Hundes, behandelt, vergrössert wie voriges.
a. Nervenhügel 1ter Ordnung.
b. Nervenhügel 2ter Ordnung.
c. Fasern, welche aus denselben entspringen, sie unter einander und auch mit Kernen verbinden, welche dem Muskelbündel angehören.
d. extramuskulär gelegene und
e. intramamuskulär gelegene Fasern.

Fig. 29. Muskelbündel aus dem M. sternothyreoideus des Menschen mit Chlorgold und nachfolgender Wäsche in $^1/_2$ % Essigsäurelösung behandelt. Vergr. 600 mal.

a. Nervenhügel 1ter Ordnung. Axencylinder des zuführenden Nerven löst sich dichotom in die granulose Masse desselben auf.

b. Nervenhügel 2ter Ordnung.

c. Nervenfasern, welche aus dem Hügel entstehen und sowohl diese, als gewisse Kerne unter einander verbinden.

d. Capillarrohr.

Fig. 30. Muskelbündel aus dem M. sternothyreoideus des Menschen mit $^1/_{10}$ % Essigsäure behandelt. Vergr. die vorige.

a. Nervenhügel z. Th. unter einander verschmolzen und mit Fasern, welche aus denselben entspringen und zu gewissen Kernen treten.

Fig. 31. Muskelbündel aus dem M. substernalis des Menschen mit Kernreihen und Kernhäufchen, Nervenhügeln 2ter Ordnung entsprechend, im Inneren. Behandlung, Vergr. die vorige.

a. Nervenhügel 1ter Ordnung.

b. Nervenhügel 2ter Ordnung.

c. axiale beziehungsweise paraxiale Kernreihen.

d. schräg gestellte Kernreihen, welche c und a unter einander verbinden.

Untersuchungen über den Kamm des Vogelauges.

(Aus dem Laboratorium Prof. Langer's in Wien.)

Von

Dr. V. Mihalkovics

aus Pest.

In der unlängst erschienenen Abhandlung von N. Lieberkühn »Ueber das Auge des Wirbelthierembryo«[1]) liegen mehrere werthvolle Aufschlüsse über die Entwicklung des Kammes im Vogelauge vor, ohne jedoch diesen Gegenstand in zeitgemässer Reihenfolge zu behandeln, oder das Organ des entwickelten Thieres eingehender zu berücksichtigen. Noch vor dem Erscheinen dieses Werkes, so lange mir bloss die vorläufige Mittheilung[2]) bekannt war, hatte ich der ungarischen Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung über den Kamm des Hühnchens übergeben, die diesen Gegenstand eingehender als Lieberkühn behandelt, deren Resultate auch in manchen Punkten von Lieberkühn's abweichen, so dass ich mich bewogen fühle, einen Auszug davon hier zu geben. Die betreffenden Abbildungen werden in der ungarischen Zeitschrift demnächst erscheinen.

Zoologen und vergleichende Anatomen betrachteten bis jetzt den Kamm (pecten) des Vogelauges als eine unmittelbare Fortsetzung der Chorioidea, ihr Gewebe identisch mit dem der Gefässhaut[3]).

1) Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg. Bd. X. 5. Abth. Cassel 1872.

2) Sitzungsberichte der Gesellschaft zur Bef. der ges. Naturw. zu Marburg. 1871 Nr. 3.

3) Gegenbaur, Vergl. Anatomie p. 762. — Leydig, Histologie p. 234 etc.

Dem freien Auge scheint die Netzhaut an der Basis des faltenreichen, schwarzem Flor ähnlichen Kammes eine Spalte zu besitzen, durch welche dieser direct mit der Chorioidea in Verbindung steht. Längs- und Querschnitte bestätigen dies nicht, sondern zeigen folgendes Verhältniss des Kammes zu den häutigen Gebilden des Augapfels:

Ein Längschnitt mitten durch den Kamm eines entwickelten Huhnes zeigt uns vor Allem, dass der Sehnerv zum Vogelauge an dessen unterem Segmente, theilweise in einer Spalte der Sclera und Chorioidea liegend, tritt. An diesem Theil des Sehnerven sitzt der Kamm der Länge nach unmittelbar auf. Nach vorn zu wird der Sehnerv allmälig schwächer, bis er schliesslich am vorderen Ende des Kammes in die Nervenschichte der Netzhaut ausstrahlt. Dasselbe geschieht am hinteren Ende, jedoch viel plötzlicher, auch ist hier die Sehnervenschicht der Retina viel stärker als vorn. Ebenso biegen die Sehnervenfasern rechts und links an der Basis des Kammes zur Netzhaut über, wie dies Querschnitte leicht erkennen lassen. Ein derartiger Querschnitt belehrt uns, dass der Kamm an dem in einer Spalte der Sklera und Chorioidea querdurchschnittenen Sehnerven unmittelbar aufsitzt, das Gewebe desselben jedoch direct mit der Chorioidea nirgends im Zusammenhange steht, da beide von einander durch die zur Nervenfaserschicht der Retina überbiegenden Optikusfasern geschieden sind. Der Sehnerv benützt die Spalte in der Sklera und Chorioidea dazu, um seine oberflächlichsten Fasern an der Seite des Kammes, seine tiefer liegenden an dessen vorderem Ende zur Retina zu entsenden; die Stelle der Anheftung entspricht also dem Mariotte'schen blinden Flecke. Immersionssysteme zeigen an feinen Schnitten an der Umbiegungsstelle der Nervenfasern von dem aufwärts gebogenen Ende der Chorioidea zum Kamme ziehende feine wellenförmige Bindegewebsfasern, so dass also die Nervenfasern des Optikus, bevor sie zur Retina gelangen können, durch ein Bindegewebsnetz hindurchziehen müssen, gleichsam entsprechend der lamina cribrosa im Säugethierauge. Die Retina selbst endet an der Seite der Spalte abgerundet an dem aufwärtsgebogenen Rande der Chorioidea, wobei die Ganglienschicht in die Schichte der äusseren Körner überbiegt.

Dem histologischen Baue nach besteht der Kamm aus einem Convolute mannigfach mit einander verflochtener Haargefässe, deren äusserst sparsame Lücken eine farblose Gallertmasse ausfüllt, in der

um die Gefässe herum zahlreiche schwarze Pigmentkörnchen abgelagert sind. Grössere Stämme ziehen von der Basis zwischen den feineren Haargefässen aufwärts, jedoch zeigen auch diese die Structur von Haargefässen. Zupfpräparate von frischen Objecten beweisen, dass diese Gefässe, grössere sowie kleinere, aus schon ohne Reagentien sichtbaren rundlichen Endothelzellen, — am schönsten nach Chlorgold-Färbung zu sehen, — und einer diese umhüllenden glashellen structurlosen Membran bestehen. Die Membran ist an längsliegenden Gefässen als glasheller Saum zu erkennen. Wenn Eberth[1]) durch Querschnitte belehrt diese Umhüllungshaut für die den Kamm und dessen Gefässe unmittelbar umhüllende Membran des Glaskörpers erklärt, die genau in die Interstitien der Gefässe hineindringt, kann ich ihm nicht beipflichten, da man erwarten sollte, dass durch das gewaltsame Auseinanderreissen beim Zerzupfen der Saum an manchen Stellen unregelmässig würde, was aber nicht der Fall ist, da man die glashellen Contouren an allen Gefässen scharf linear verlaufend findet, auch schwer verständlich wäre, wie die Membrana hyaloidea in die Tiefe des Convolutes eindringen könnte, da die Gefässe doch nicht in einer, sondern in mehreren Schichten liegen. Querschnitte können nur von frischen Objecten belehrend sein, da die glashellen Säume an erhärteten Objecten nicht wahrnehmbar sind; an solchen, von in Glycerinleim eingebetteten Kämmen gewonnenen, konnte ich den Saum um die Gefässe herum als ununterbrochenen Ring meistens wahrnehmen. Uebrigens dürften solche Objecte kaum beweiskräftig sein, da der sehr veränderliche Saum schon durch das blosse Einbetten leidet.

Durch Injectionen erweist es sich, dass die zum Kamme ziehenden Gefässe von den im Sehnerven verlaufenden, sowie hauptsächlich von dessen Scheide umhüllenden Gefässen kommen; einen Zusammenhang der Chorioidealgefässe mit denen des Kammes konnte ich nicht finden. An der Basis des Kammes liegt ein stärkeres Gefäss, das jedoch nicht der ganzen Länge des Kammes folgt. Von diesem ziehen die grösseren Stämme gestreckt aufwärts, während die kleineren Gefässe unmittelbar von den in den Bindegewebssepten der Sehnerven verlaufenden Gefässen kommen.

Um die Entwicklung dieses eigenthümlichen Gebildes zu studiren, machte ich an Augen von in Chromsäure und Alkohol

1) Stricker's Gewebelehre p. 206.

erhärteten Hühnerembryonen eine Reihe von Querschnitten auf die optische Axe, und da zeigte es sich, dass seine Entstehung im Zusammenhange stehe mit der Retinalspalte. Wie bekannt, biegt das Retinalblatt der secundären Augenblase längs der Retinalspalte in das äussere Pigmentblatt um. Derselbe Vorgang, der an der unteren Fläche der primären Augenblase bei der Bildung der Retinalspalte zu Stande kommt, soll sich der allgemeinen Annahme nach an dem primitiven Optikus durch Einlagerung der vasa centralia retinae wiederholen, — was bei Säugethieren vorkommen mag, bei dem Hühnchen muss ich jedoch mit Lieberkühn bestätigen, dass dies in keinem Stadium der Entwicklung zu finden ist. Dem entsprechend besitzt auch das Vogelauge keine vasa centralia retinae, wie das durch die Untersuchungen H. Müller's und Hyrtl's bekannt ist. Die Veränderungen nun, welche in der Retinalspalte des Hühnchens vor sich gehen, sind in Kurzem folgende:

Am 3. Tage der Bebrütung zeigt der Querschnitt der secundären Augenblase die von M. Schultze abgebildete Birnform, mit nach unten gekehrtem, die Retinalspalte repräsentirendem Stiele. Die Retinalblätter berühren sich an der Spalte ungefähr in einer Länge von 0.03 Mm. Die Höhle der secundären Augenblase wird durch ein feines Netz ausgefüllt, das ich für das Produkt der Gerinnung des gallertartigen Glaskörpers zu deuten geneigt bin. Zellen fand ich in diesem Gerinnsel in den ersten Stadien der Entwickelung nicht. Das ganze Gerinnsel ist umgeben von der Glashaut, die sich durch die eingetretene Schrumpfung beim Erhärten vom Retinalblatte abhebt, nur längs der Retinaspalte bleibt dieselbe mit dem inneren Blatte in Verbindung. Da diese Membran gleich in den ersten Stadien der Entwicklung vorhanden ist, bevor noch zellige Elemente im gallertartigen Glaskörper nachweisbar sind, kann man dieselbe als eine Ausscheidung der das Retinalblatt bildenden zelligen Masse, als eine Cuticularbildung auffassen. Unter und in dem nach unten offenen Winkel der Retinalspalte liegen in diesem Stadium der Entwicklung die Zellen des mittleren Keimblattes, ohne in die Retinalspalte selbst, deren Ränder sich noch berühren, hineinzudringen. Dem entsprechend kann ich auch die Bildung der Retinalspalte nicht durch das Eindringen parablastischer Elemente in die Höhle der Augenblase, also für einen passiven Vorgang erklären, wie auch Lieberkühn[1]) ganz richtig bemerkt, das Auftreten der

1) O. c. W. p. 313.

Augenblasenspalte hange nicht von der Bildung des Glaskörpers ab, da die erste Anlage des Glaskörpers schon in die Zeit vor dem Auftreten der Retinalspalte falle.

Am 4. Tage der Bebrütung weichen die einander berührenden Ränder der Spalte auseinander und man sieht dieselbe durch Zellen des mittleren Keimblattes ausgefüllt, die sich am 5. Tage zu einem durch die Spalte in den Augenhöhlenraum hineinragenden Zapfen formen. Die Querschnitte aller zusammen bilden eine Leiste, sie bilden den embryonalen Kamm, dessen erstes Auftreten also auf den 5. Tag der Bebrütung fällt. Die Leiste ist mit den übrigen Zellen des mittleren Keimblattes in unmittelbarem Zusammenhange und besteht gleich diesem aus embryonalen rundlichen Bildungzellen ohne Spur von Pigment, während das äussere Blatt der secudären Augenblase am 5. Tage schon schwarz pigmentirt ist. Die Glashaut hängt von der Basis der Leiste an fest mit dessen Oberfläche zusammen, während sie sich seitwärts von der Netzhautlamelle überall abhebt.

Während schon am Anfange des 5. Tages in den pallisadenartig gestellten Zellen des äusseren Augenblattes Pigmentablagerung stattfindet, bleibt der embryonale Kamm bis gegen den 11. Tag vollkommen pigmentlos, auch lagert sich von dieser Zeit das Pigment nicht etwa in Zellen des Kammes ab, sondern tritt in kleinen Körnchen um die Gefässwandungen auf, worin also ein wesentlicher Unterschied im Baue des Kammes und der Pigmentschicht der Aderhaut besteht. Die Ablagerung von Pigment im äusseren Blatte der secundären Augenblase hört längs einer Linie der Retinalspalte auf, wo sich dieses in das innere Blatt aufwärts zu biegen beginnt.

Bis zum 8. Tage der Bebrütung bleibt der embryonale Kamm mit dem mittleren Keimblatte durch die Retinalspalte hindurch in unmittelbarem Zusammenhange, von da an ändert sich aber das Bild dahin, dass der schon am Anfange des 6. Tages Nervenfasern enthaltende definitive Optikus seine Fasern auch in die Retinalspalte hineinwuchern lässt, hiedurch den Kamm von den Gebilden des mittleren Keimblattes gleichsam trennt, wo dann alsbald die Optikusfasern an den Seitentheilen der Basis vom Kamme zur Retina hinüberlenken. Es ist dieser Vorgang desshalb besonders interessant, weil er für die Entwicklung der Sehnervenfasern vom Centrum gegen die Peripherie spricht, indem Nervenfasern am Ende des 6. Tages nur im allerhintersten Theile der Retinalspalte und dem entsprechend der Retina selbst, am 7. schon bis zur Mitte, und am Ende des 8.

auch an dessen vorderem Ende zu finden sind. In diesem Stadium zeigt der in der Retinalspalte liegende Optikusquerschnitt im unteren Theile noch eine überwiegend zellige Structur, während er oben aus zur Retina überbiegenden feinen marklosen Fasern besteht.

Der 9. Tag der Bebrütung zeigt uns also, dass der ursprünglich aus dem mittleren Keimblatte entstandene embryonale Kamm von diesem durch die in die Retinalspalte hineingewucherten Optikusfasern gänzlich geschieden ist; er ist auf diese Art in den Glaskörperraum hineingelangt und dabei mit der oberen Fläche des Optikus in Zusammenhang geblieben. Der Kamm entsteht also ebenso wie das eigentliche Gewebe der Aderhaut aus Elementen des mittleren Keimblattes, ist jedoch beim entwickelten Thiere keine unmittelbare Fortsetzung der Chorioidea, auch zeigt er eine vom Baue dieser abweichende Structur.

Es rechtfertigt sich nun die Frage nach der Bedeutung dieses Gebildes für das Vogelauge. Jene älteren Hypothesen, denen gemäss der Kamm eine Blende für einen Theil der Netzhaut (Petit), oder zur Bewegung der Linse Behufs der Accomodation dienen sollte (Treviranus), unberücksichtigt lassend, scheint mir die Bedeutung des Kammes in der Ernährung gewisser Theile des Vogelauges zu liegen. Das Vogelauge besitzt weder im embryonalen, noch im ausgebildeten Zustande Vasa centralia retinae, die Netzhaut selbst ist ganz gefässlos (H. Müller, Hyrtl). Ich glaube also nicht zu irren, wenn ich die Aufgabe dieses nur aus Haargefässen bestehenden Gebildes in der Ernährung des Augenkernes und theilweise der Retina (abgesehen von der möglichen unzulänglichen Ernährung dieser letzteren von der Aderhaut aus) suche. Da ferner die Anheftung des Kammes der Eintrittsstelle des Sehnerven in das Auge entspricht, wird die Form des blinden Fleckes im Vogelauge keine Ellipse, sondern eine im unteren Theile des Augapfels beinahe bis zur Linse — bei Vögeln, wo der Kamm mit der Linse im Zusammenhang steht (Schwimm- und manche Stelzvögel), bis zu dieser — ziehende Linie von der Breite des Kammes sein.

Dies das Ergebniss meiner Untersuchungen.

Schliesslich mag es mir erlaubt sein, noch diejenigen Punkte hervorzuheben, in denen ich Lieberkühn nicht ganz beistimmen kann. Lieberkühn behauptet, die Sehnervenfasern erscheinen stets in der ganzen Länge zugleich zwischen Gehirn und Netzhaut. Das Hereinwuchern derselben in die Augenblasenspalte von hinten

her, sowie das entsprechende Erscheinen derselben am Retinalblatte scheint dies nicht zu bestätigen, obwohl ich dies für für den ausserhalb der Retinalspalte liegenden Theil durchaus nicht bestreiten will. Jene Abbildung, die er auf Taf. IV (Fig. 19) gibt, stimmt nicht mit meinen Präparaten von diesem Stadium. An meinen Präparaten vom 9. Tage ist die Retinalspalte von Sehnerven schon ganz ausgefüllt, auch sind die zum Retinalblatte umbiegenden Sehnervenfasern deutlich wahrnehmbar. Auch in der Differenzirung der Sklera ist das Bild unvollständig, da dessen Knorpelschicht schon am 8. Tage als heller Streifen vorhanden ist. Endlich muss ich zur Annahme Lieberkühn's, dass der Vogel keine membrana hyaloidea besitze, da die zellenlose Grenzschicht des Glaskörpers fest mit der Netzhautanlage verwachsen sei, die Bemerkung hinzufügen, dass sich dieser Zusammenhang an in Chromsäure und Alkohol erhärteten Objecten sehr leicht löst, so dass sich die Glashaut vom Retinalblatte leicht abhebt, ausgenommen an der Oberfläche des embryonalen Kammes selbst.

Ueber die Kopfdrüsen einheimischer Ophidier.

Von

Dr. F. Leydig

in Tübingen.

Hierzu Tafel XII und XIII.

Die in der Ueberschrift genannten Organe wurden eine Zeit lang, es war in den zwanziger und dreissiger Jahren unsers Jahrhunderts, vielfach und eifrig der Untersuchung unterworfen. Man bemühte sich dazumal namentlich um Beantwortung der Frage, ob die Giftdrüse ein Organ eigener Art oder nur Umbildung einer auch sonst verbreiteten Drüse sei. Beinahe im Gegensatze zu jenen Studien hat man sich schon seit Längerem wenig mehr um diese Theile gekümmert. Die zahlreichen faunistischen Arbeiten sprechen zwar fast alle von den Speichel- und Giftdrüsen der Schlangen gerne und oft sehr ausführlich; aber man sieht leicht, dass mit wenigen Ausnahmen deren Verfasser, auf Wiedergabe des Ueberlieferten sich beschränkend, keine eigenen Untersuchungen angestellt haben, vielleicht auch nicht anzustellen vermochten.

Und doch hat mich die Wiederaufnahme des Gegenstandes bemerken lassen, dass trotz der früheren trefflichen Arbeiten, insbesondere Meckel's und Schlegel's, hier noch wesentliche Verhältnisse unaufgedeckt geblieben waren, mit deren Kenntniss wir die Verwandtschaft der Theile fester zu fassen im Stande sind. Indem ich dies jetzt darzulegen unternehme, will ich zuerst meine Beobachtungen einzeln nach den zergliederten Arten vorführen und dann das Gewonnene einer allgemeineren, vergleichenden Betrachtung unterbreiten.

I. Giftlose Schlangen.

1. Ringelnatter (Tropidonotus natrix, L.).

a. Oberlippendrüse (Glandula labialis superior).

Dieses, auch Oberkieferdrüse, Gl. maxillaris superior genannte, noch von Cuvier übersehene Organ hat Tiedemann, nachdem Meckel eine kurze Bemerkung von dem Vorhandensein gegeben hatte[1]), zuerst näher untersucht und eine Zeichnung davon gegeben[2]). Sie sei eine grosse und lange Drüse und gleich über dem Rande des Oberkiefers gelegen, von Farbe röthlich weiss; sie bestehe aus vielen Drüsenkörnern; nach vorne zu sei sie schmal, nach hinten werde sie allmählig breiter und erstrecke sich mit der Mundspalte aufwärts steigend, nach hinten bis in die Nähe des Kiefergelenkes, wo sie zugespitzt endige. Vom unteren Rande entspringen viele kleine Ausführungsgänge, welche in der Haut des Mundes neben den Zähnen sich öffneten.

Die Drüse ist ferner Cloquet bekannt gewesen, welcher sie nicht blos kurz als Glande salivaire superieur aufführt, sondern auch abbildet[3]) und zwar schon richtig bis zur Schnauzenspitze gehen lässt. An der Figur bei Tiedemann hört sie bereits unter dem Auge auf; allein wenn wir uns an die Zeichnung halten, so war eben an dem Präparate die Haut vom Auge bis zur Schnauze nicht abgezogen worden, wesshalb das vordere Ende der Drüse unsichtbar blieb; überdiess hatte unser Anatom nach seiner Aussage nur ein einziges, das abgebildete Thier, auf die Drüse untersucht.

Meckel, indem er in seinem, noch oft anzuziehenden Aufsatz: über die Kopfdrüsen der Schlangen, auf gegenwärtige Drüse zurückkommt, wendet sich nur gegen die ihr von Tiedemann gegebene Deutung, ohne sonst über Form und Bau etwas Neues vorzubringen[4]).

---

1) Uebersetzung von Cuvier's Vorlesungen über vergl. Anatomie III, 1810, S. 245, Anmerkung.

2) Ueber die Speicheldrüsen der Schlangen, Denkschriften der Akademie der Wissenschaften zu München für das Jahr 1813.

3) Organisation des voies lacrymales chez les serpents. Mém. du museum d'hist. natur. 1821.

4) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1826.

Fast gleichzeitig gedenkt im Vorübergehen Dugès der Drüse mit dem Bemerken, dass sie wohl von Manchem der früheren Beobachter für die Giftdrüse genommen worden sein möge[1]).

Bald darauf gab Duvernoy[2]) eine neue Beschreibung, welche sich zwar auf Einzelheiten einlässt, ohne aber gerade dem Bekannten etwas hinzuzufügen. Auf der Abbildung hört die Drüse vor dem Schnauzenende auf, während der Text richtiger sagt: »étendue depuis l'angle des lèvres jusqu'a l'extremité du museau.« Bezüglich des eigentlichen Verhaltens der Drüse am Schnauzenende treffe ich zuerst bei Schlegel auf eine genauere Angabe, indem dieser Herpetolog eine „glande rostrale" als besondere Partie der „glande de la mâchoire superieur" unterscheidet[3]).

Zerfällung der Drüse in zwei Partien. — Wie Vorangehendes zeigt, so hat eine ganze Anzahl scharf zusehender und geübter Anatomen die Oberkieferdrüse der Ringelnatter untersucht und dennoch eine wichtige Sonderung derselben ausser Acht gelassen, zu deren Erörterung ich zunächst übergehe.

Schon mit freiem Auge, besser natürlich mit Hülfe der Lupe, gewahrt man an der nach ihrer ganzen Länge blosgelegten Drüse eine Zerfällung in zwei Partien, welche die Verschiedenheit ihrer Natur durch Farbe und Form der Follikel ankündigen. Während nämlich der hinterste Theil der Drüse eine graue Farbe hat und sich als flacher, am Rande dünn zugeschärfter, das Innere der Lippe erfüllender Streifen, bis nach vorne zur Intermaxillargegend erstreckt und an die als Schnauzendrüse sich abhebende Partie angrenzt, erscheint der Haupttheil des hinteren schräg ansteigenden verdickten Drüsenabschnittes an Weingeistexemplaren von gelblicher Farbe, etwa von dem Farbenton, den die Muskeln des Thieres angenommen haben; im frischen Zustande ist die Farbe mehr rein oder lebhaft weiss. Sieht man auf den Umfang der Follikel, so übertreffen die der gelblichen Partie jene der grauen um ein Bedeutendes an Grösse und zeigen auch noch weiter durch die Form

1) Rech. anatom. et physiol. sur la déglutition dans les Reptiles. Ann. d. sc. nat. 1827.

2) Mém. sur les caracteres tirés de l'anatomie pour distinguer les serpens venimeux des Serpens non venimeux. Ann. d. sc. nat. 1832.

3) Essai sur la physionomie des Serpens. La Haye 1837.

ihrer Verästelung an, dass sie einem von der grauen Partie verschiedenen Drüsentheil angehören [1]).

Die besonders durch Querschnitte auszuführende histologische Prüfung thut dar, dass diesen äusserlichen Abweichungen innere Verschiedenheiten entsprechen. Zuvor sei noch bemerkt, dass in beiden Partien jene Theile der Drüse, welche die Früheren die „Körner" genannt haben, in gemeinsamer Weise aus Gruppen von Schläuchen bestehen; letztere sind nicht von einfach gestreckter Art, sondern sie sind etwas gewunden, wesshalb der Querschnitt sehr verschiedene Bilder erzeugt. Nach aussen gewinnen die Drüsenabtheilungen ein mehr oder weniger traubiges Ansehen.

Die zelligen Elemente der gelblichen Drüse zeigen sich nun dicht erfüllt mit Körnchen, und sind daher dunkel bei durchgehendem Licht; dabei ist die einzelne Zelle mehrkernig, sehr zart berandet und von rundlich eckiger Form [2]). Die Zellen legen durchaus eine gewisse Aehnlichkeit mit den abscheidenden Elementen der Labdrüsen an den Tag und sind auch als denselben verwandt anzusehen. Im Ausführungsgang von je einem „Drüsenkorn", der in der Mitte verlaufend die Lichtungen der einzelnen Drüsenschläuche aufnimmt, zeigt sich ein von ersteren sehr verschiedenes Epithel, in so fern dasselbe aus hohen, hellen Cylinderzellen sich zusammensetzt.

Was aber ferner noch diese gelbliche Partie der Oberkieferdrüse als eine besondere Drüse kennzeichnet, ist, dass sie mit einem einzigen Gang für sich ausmündet. Es verläuft derselbe in der Mitte der Drüse und man ist im Stande ihn schon mit freiem Auge an scharfen Querschnitten zu erblicken, aber auch auf Längsschnitten ist er nicht minder gut sichtbar. Er ist wie seine Wurzeln von hohem hellem Cylinderepithel ausgekleidet und seine Mündung trifft in die Nähe der grossen Zähne des Oberkiefers. — Die grauen Partien haben zahlreiche Oeffnungen, wie man leicht bei verschiedenen Methoden der Untersuchung bemerkt; die Drüse besteht eben aus einer ganzen Anzahl selbstständiger, jedoch dicht zusammengeschobener Drüschen.

Zu erwähnen ist auch, dass bei manchen Individuen dieser Drüsenlappen, den ich, wie ich gleich sagen will, der Parotis der

1) Vergl. Figur 1, c, d.

2) Figur 17.

Säuger vergleichen muss, nach vorne zu, gegen die übrige Partie der Gl. labialis durch seine Farbe sich nicht ganz scharf absetzt und auch die Grösse der Drüsenkörner (Acini) nach dieser Seite hin Uebergänge zeigen kann. Im Verhalten der Parotis der Säuger zur Unterkieferdrüse ist Aehnliches schon längst von Rudolphi[1]) gesehen worden, indem der Genannte hervorhebt, dass die Parotis die „grössten Körner" habe, die Unterkieferdrüse hingegen „kleinere Körner", die erstere könne aber zuweilen mit der letzteren zusammenhängen.

Als ich[2]) vor Jahren die Lippendrüsen der Ringelnatter untersuchte, wusste ich bezüglich des Epithels blos zu erwähnen, dass die lebhaft weisse Farbe herrühre von einer dunkel moleculären Masse, welche die Zellen dicht erfülle. Jetzt aber kann ich noch melden, dass zwischen den Zellen feine Gänge oder Lücken bestehen, die sich da und dort miteinander verbinden. Zur Erkenntniss dieses Structurverhältnisses leitete mich die Wahrnehmung, dass, während im lebenden Zustand der Zelle ihre Grenzen sich wenig abheben, nach Liegen im Weingeist oder anderen erhärtenden Flüssigkeiten, sehr scharfe beinahe glänzende Linien die Umrisse ziehen. Genaueres Verfolgen liess mich nach und nach bemerken, dass zwischen die Secretionszellen ein System feiner Intercellulargänge[3]) sich erstreckt, die sich bald als reine helle Zwischenräume darstellen, bald das Bild scharfer glänzender Linien geben, das letztere, wie ich mir denke, durch die Lichtbrechung des sie erfüllenden Secretes[4]).

In der grauen Drüsenpartie mangeln die den Labzellen zu vergleichenden Elemente. Die Schläuche sind ausgekleidet von hellen im Weingeist scharf berandeten Cylinderzellen.

Nach Anwendung mancher Reagentien, z. B. durch Ueberosmiumsäure macht sich noch etwas bemerklich, was auf eine besondere Structur hinweist. Man erblickt nämlich an den Zellen eine allerdings nur bei starker Vergrösserung sich abhebende feine Querstrichelung, welche herrührt von Körnchen in bestimmter Aufreihung.

---

1) Grundriss der Physiologie 1830, S. 50.

2) Histologie S. 347.

3) Figur 18.

4) Von diesen Intercellulargängen wird unten noch mehrfach die Rede sein.

Schnauzendrüse. — Es wurde bereits erwähnt, dass das vordere das Os intermaxillare bedeckende Ende der Glandula maxillaris superior sich als ein Theil für sich absetzt, den man die Schnauzendrüse nennen kann. Bereits Schlegel hat sie als „la rostrale", unterschieden [1]). Sie ist wie eine ungefähr dreieckige unpaare Partie [2]) zwischen die vorderen verschmälerten Enden der Oberkieferdrüsen von rechts und links als Schlussstück eingeschoben; sie steigt herauf bis zur Spitze der Nasenbeine und deckt etwas seitlich die Knorpel der Nasenkapsel. Histologisch nähert sich ihr Bau dem der grauen Partie der Oberkieferdrüse, doch ist sie von einer mehr härteren Natur; ihre Epithelzellen sind hell und cylindrisch und das in der Lichtung der Drüsenschläuche abgesetzte Secret hat an Weingeistexemplaren eine gewisse feste, streifige Beschaffenheit [3]). — Da die Drüsenschläuche hier etwas kleiner sind, als im Allgemeinen an der grauen Partie der Oberkieferdrüse, wesshalb sie auch für die Besichtigung mit der Lupe kaum „körnig", vielmehr glatt erscheint, so lässt sich leichter und schöner zur Anschauung bringen, dass das „Drüsenkorn" die Entfaltung eines sich wiederholt gabelnden Endzweiges eines Drüsenganges ist. Dieser letztere selber scheint nur in der Einzahl vorhanden zu sein und mündet nach innen vom Lippenrand gerade in der Mitte aus.

Lymphräume. — Pigment. — Auf die Glandula maxillaris superior im Grossen und Ganzen, ohne Rücksicht auf ihre Trennung in eine gelbe und graue Partie, sowie Ablösung einer Schnauzendrüse, bezieht es sich, wenn ich weiter angebe, dass die Haut des Kopfes längs des Unterrandes der Drüse zwar fest angeheftet ist, nach oben hin aber ganz locker über dieselbe weggeht. Sie erzeugt auf solche Weise Räume, die man mit der Scheere öffnen kann, ähnlich den Lymphräumen unter der Haut des Frosches, und auch ohne Zweifel dasselbe vorstellen. Man sieht alsdann, dass die Oberfläche der Drüse, in so weit sich der Lymphraum über sie weg erstreckt, völlig glatt ist; wo der Raum aufhört zieht eine weissliche bindegewebige Lage über die Drüse weg.

Da dunkles Pigment fast überall im Körper der Reptilien, zum

---

1) Durch einen Schreibfehler wird sie in einem Handbuch der Zootomie „frenale" genannt.

2) Vergl. Fig. 1.

3) Vergl. Fig. 20.

mindesten spurweise, zugegen sich zeigt, so mag obenhin bemerkt sein, dass auch der bindegewebigen Hülle voranstehender Drüse Pigmentzellen nicht fehlen, obschon sie allerdings mehr nur vereinzelt auftreten.

Jochband. — An der hinteren Fläche der Drüse läuft ein weiss-glänzendes sehniges Band her, was zwischen dem Quadratbein und Oberkiefer sich ausspannt, einem feinen langen Jochbogen vergleichbar. Es wurde auch schon von Dugès als ligament zygomatique bezeichnet und dem Jochbogen der Vögel an die Seite gesetzt.

b. Unterlippendrüse (Glandula labialis inferior).

Dieser Drüse, auch als Gl. maxillaris inferior oder Unterkieferdrüse bezeichnet, gedenkt, obschon sie schwächer entwickelt, als die vorhergehende ist, zuerst Cuvier[1]); dann beschreiben und bilden sie ab Tiedemann[2]) und Cloquet[3]); endlich bespricht ihr Vorkommen Meckel[4]).

Ihr vorderes Ende. — Der letztgenannte Anatom hat bereits von Coluber — wahrscheinlich C. natrix — erwähnt, dass die Drüse „mit der gleichnamigen in der Mittellinie zusammenfliesst"; im Anschluss hieran möchte ich auf dieses Verhalten ausdrücklich hinweisen, da Keiner der anderen Beobachter davon etwas gewusst zu haben scheint. Sowohl an Querschnitten als auch an Köpfen, welche stärker macerirt worden sind, lässt sich wahrnehmen, dass die Drüsen von rechts und links, da wo vorne die Schriftsteller ein Band hin verlegen, durch welches die freien Unterkieferhälften verbunden werden sollen, im Bogen zusammenhängen. Man kann sagen: Die Ober- und Unterlippendrüsen wiederholen an der Schnauze das, was sich schon im Aeusseren derselben von oben und unten ausprägt: oben schiebt sich eine gesonderte, dreieckige und etwas verdickte Glandula rostralis zwischen die beiden Oberlippendrüsen; unten verjüngen sich die Drüsen nach vorne bedeutend, aber ihr Verbindungsstück trennt sich nicht als besondere Partie ab. Hat man jedoch den drüsigen Bogen des Unterkiefers in vollständiger und reiner Ansicht vor sich, so zeigt sich eine Verwandt-

1) a. a. O. S. 245.
2) a. a. O. Tab. II.
3) a. a. O. Fig. 8, f.
4) a. a. O. S. 4.

schaft zur Glandula rostralis darin, dass er nach rückwärts eine kleine dreiseitige Verdickung entwickelt[1]).

Ausmündung. — Epithel. — Im feineren Bau stimmt die Unterlippendrüse mit der grauen Partie der Oberlippendrüse überein. Ihre zahlreichen, dicht in Längsreihe stehenden Oeffnungen sind leicht mit der Lupe wahrzunehmen und einmal damit bekannt, findet man sie schon mit freiem Auge. In der Wand der Ausführungsgänge so wenig, wie in der Drüse selbst sind musculöse Elemente zugegen. Das Epithel ist mässig hoch, jedenfalls niedriger als das Flimmerepithel des Rachens; Schleimzellen erscheinen eingestreut.

Lymphraum. — Auch um diese Drüse zieht ein Lymphraum; er liegt zwischen der Aussenseite der Drüse und der Innenfläche der allgemeinen Bedeckung. Glatte bindegewebige Säulchen durchsetzen ihn von Stelle zu Stelle; sie entsprechen den Bildungen, wie ich sie aus den Bluträumen verschiedener Arthropoden beschrieben habe[2]). Fertigt man an entkalkten Köpfen Schnitte durch die Unterkiefergegend, so hebt sich der Lymphraum abermals sehr deutlich ab und lässt sein Verhältniss zur Drüse und der äusseren Haut gut erkennen. — Weitere Mittheilungen über Einzelheiten bringe ich bei Coronella laevis vor.

c. Nasendrüse (Glandula nasalis).

Dieselbe wurde bekanntlich von Joh. Müller an einem exotischen Coluber erkannt[3]). Ich sehe die Drüse bei unserer in Rede stehenden einheimischen Art[4]) sehr deutlich als ein hinter der Nasenkapsel liegendes Organ von rundlicher Form, dabei aber mit einem Fortsatz etwas auf die Nasenkapsel heraufragend. Sie ist von Substanz eher hart als weich und besteht aus länglichen Schläuchen, deren getheilte Enden gerne etwas angeschwollen sind. Nach dem Entdecker soll sie mit dem Thränencanal zusammen durch eine ziemlich starke Oeffnung am Gaumen ausmünden. Soweit meine Erfahrung reicht, geht der Ausführungsgang, gleichwie ich es von den Sauriern gezeigt, in die Nasenhöhle.

1) Vergl. Figur 14, a.

2) Archiv für Anat. u. Phys. 1855; Naturgeschichte der Daphniden, 1860.

3) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1829, vergl. auch: De gland. sec. struct. penit. 1830. p. 53, p. 57.

4) Figur 1, b.

d. Vordere Unterzungendrüse (Glandula sublingualis anterior).

Mit diesem Namen bezeichne ich die Drüse, welche Meckel an einem fremden grossen Coluber (nach ihm C. varius) als kleinen, länglich runden, platten Körper beschrieben hat, der sich in geringer Entfernung von der Haut befinde, dicht hinter dem vorderen Ende der unteren Fläche des Mundes liege und neben der Mündung der Zungenscheide sich öffne. Es wird davon auch eine Abbildung gegeben[1]). Auf die einheimischen kleineren Arten der Schlangen scheint der Genannte sich diesmal nicht eingelassen zu haben.

Duvernoy, welcher die Theile später bei Coluber natrix untersuchte, widerspricht dem deutschen Anatomen geradezu[2]) und meint, die Gebilde, welche Meckel für Drüsen genommen, seien zwei an die Oeffnung der Zungenscheide geheftete Knorpelstücke; auch habe Dugès bereits diese zwei kleinen Knorpel gekannt. Uebrigens wurden, was zwischen hinein schon jetzt bemerkt sein mag, lange vor den drei namhaft gemachten Zootomen durch Hellmann, in seinem Schriftchen über den Tastsinn der Schlangen 1817, die fraglichen Theile als Drüsen beschrieben. Da die Abbildung sich auf Vipera berus bezieht, so werde ich bei den Giftschlangen darauf zurückkommen.

Schlegel hat, wie es scheint, sich durch Dugès und Duvernoy beeinflussen lassen, und das Organ als Drüse gestrichen; denn er gedenkt weder da, wo er von den Speicheldrüsen handelt, noch dort, wo er den Bau der Zunge bespricht, unserer Drüsen. Nicht viel besser steht es um die Kenntniss der späteren Verfasser von Handbüchern der vergleichenden Anatomie; man lässt sich höchstens zu der Angabe herbei: Meckel „glaubte“ noch eine Glandula sublingualis gefunden zu haben.

Man sieht aus diesem historischen Rückblick, dass es sich wohl verlohnte, die beanstandete Drüse näher anzusehen; wobei es sich denn allerdings herausstellte, dass die Drüse ihre Besonderheiten habe, die den einen oder den andern Beobachter irre führen konnten.

Form und härtliche Beschaffenheit. — Die paarige Drüse[3]) ist von birnförmiger Gestalt und das vordere Ende geht in

1) a. a. O. Tab. I, Fig. 10, a.

2) Ann. d. sc. nat. 1827, S. 123.

3) Vergl. Fig. 2, b; Fig. 14, b; Fig. 33.

eine Art frei vorstehender Hohlkehle [1]) aus. Was weiter daran auffällt ist die grosse Härte und das geringe Hervortreten der Drüsenkörner nach aussen, wesshalb schon Meckel sagt, ihr Aussehen sei nicht drüsig und Dugès und Duvernoy das Ganze schlechthin für einen Knorpel erklärten.

Durch die mikroskopische Untersuchung bekommt man eine Einsicht in den Grund dieser fast knorpelähnlichen Beschaffenheit. Das bindegewebige Gerüst [2]) der Drüse ist nämlich, wie Durchschnitte gut lehren, dick, streifig geschichtet, dabei fest und bedingt das derbere Wesen des Organs; auch das schnabel- oder hohlkehlenartig vorstehende Ende verhält sich nicht anders, dessen Epithel überdiess noch, abweichend vom sonstigen Mundepithel, eine gewisse festere, wie verhornte Natur darbietet [3]). — Die Drüsenschläuche oder Röhren, von trübkörnigen Epithelzellen ausgekleidet, sind nicht zu „Acini" gruppirt, was ebenfalls dazu beiträgt, die Drüse nach aussen eher glatt als körnig erscheinen zn lassen.

Ausmündung. — Die Ausführungsgänge betreffend, so kommen auch der Unterzungendrüse, gleich den Lippendrüsen, mehrere zu: ich zähle für jede Drüse deren sechs. Ihre Oeffnungen liegen in der Furche der frei vorstehenden schnabelartigen Spitze [4]). Begegnet man noch den Blutgefässen in ihrem gefüllten Zustande, so zeigt sich jede einzelne Mündung von einem Blutgefässring umzogen, der gewissermassen die Endschlingen der zwischen den Gängen heraufsteigenden Capillaren vorstellt. Das Verhalten der Ausführungsgänge bietet sich nicht so leicht dem Blicke dar, wie solches an den Lippendrüsen der Fall ist und es begreift sich, warum Hellmann und Meckel darüber kein Wort sagen. — Die Drüse ist, nebenbei bemerkt, stark mit Pigment besprenkelt, welches besonders gegen den Aussenrand zunimmt und ihn schwärzlich färbt.

1) Fig. 14, c.

2) Fig. 33, b.

3) Soweit meine Erfahrung geht, sind es vor Allem die Cowper'schen Drüsen des Ebers, welche in ihrem histologischen Bau mit der Glandula sublingualis der Schlangen Vergleichungspunkte gewähren. Auch dort ist die bezeichnete Geschlechtsdrüse so fest, dass sie sich fast wie Knorpel schneidet, und diess rührt her nicht etwa von den eigentlichen Drüsenelementen, sondern von der harten knorpelartigen Beschaffenheit des bindegewebigen Gerüstes. Das Nähere habe ich in meinem Aufsatze in der Zeitschrift f. wiss. Zoologie 1850, S. 35, erörtert.

4) Fig. 14, c.

Muskeln. — Die Unterzungendrüse, insofern durch ihr hohlkehlenartig vorstehendes Ende fortwährend die Zungenspitze spielt, um vom Secret der Drüse befeuchtet zu werden, hat den Bewegungen der Zunge zu folgen und erscheint daher mit quergestreifter Musculatur ausgerüstet [1]). Auch diess ist den Früheren ganz entgangen; oder bestärkte vielleicht noch Diesen und Jenen in dem Irrthum, die Drüse für einen Knorpel zu halten.

Man unterscheidet an jeder Drüse einen Vorwärtszieher und einen Rückwärtszieher. Der erstere umfasst das hintere Ende der Drüse wie eine Art Beutel, man könnte auch sagen Schlinge, was sowohl die Besichtigung von aussen als auch Durchschnitte lehren. Der Muskel, nach vorne um den Aussenrand der Drüse herum biegend, setzt sich schliesslich ans Zungenbein fest. Der Rückwärtszieher löst sich vom Musculus geniotrachealis ab und geht ans blinde Ende der Drüse. An ebengedachter Stelle entsteht durch die beiden Muskeln für das freie Auge ein besonderer, sich scharf abhebender Wulst.

e. Hintere Unterzungendrüse (Glandula sublingualis posterior).

Obigen Namen lege ich einer Drüse [2]) bei, von welcher bisher nur zwei Beobachter eine etwelche Kenntniss haben. Der eine ist Hellmann [3]), welcher bereits wusste, dass behufs der Einspeichelung der Zunge oder um die Wege, auf denen die Zunge hinzugleiten hat, zu befeuchten, ausser der vorhin unter dem Namen Glandula sublingualis anterior abgehandelten Drüse, noch eine „grössere der Länge nach auf der vorderen Fläche der Zungenscheide ruhe.“ — Duvernoy, mit der Göttinger Schrift unbekannt, bemerkt gelegentlich, als er die vorige Drüse für Knorpel erklären zu können sich befugt hält, dass jedoch die Zungenscheide in der Dicke ihrer unteren Wand eine Substanz von drüsiger Natur besitze [4]).

Wie es in der Gegenwart um die Kenntniss dieser Drüse steht.

1) Fig. 14, d.

2) Fig. 2, c; Fig. 14, e.

3) Tastsinn der Schlangen, Göttingen 1817, S. 21.

4) »J'ai vérifié en effet, que ce sont deux petites cartilages, comme le pense Dugès; mais le fourreau lui même m'a paru contenir, dans l'épaisseur de sa paroi inférieure, très-pres de son orifice, une substance de nature glanduleuse.« Ann. d. sc. nat. 1832.

lassen die Angaben der Handbücher errathen, z. B. folgende: „Die Zungenscheide scheint, nach Duvernoy, kleine Drüschen zu enthalten.“ Selbst in dieser Fassung spricht sich, abgesehen von Anderm, ein Rückschritt gegenüber von Hellmann aus, welcher von einer „grösseren“ Drüse redet.

Lage. — Die Zungenscheide, welche, als Ganzes genommen, für eine sackartige Einstülpung der Schleimhaut der Rachenhöhle anzusehen ist, erscheint an ihrer äusseren wie inneren Fläche von einem nicht flimmernden Plattenepithel überzogen. Im Inneren ihrer bindegewebigen Substanz befinden sich quergestreifte Muskelzüge, welche an senkrechten Schnitten förmliche Bogen von unten nach oben erzeugen. In der unteren Wand dieser Zungenscheide nun liegt, genau in der Mittellinie und etwas verborgen, eine unpaare Drüse von länglicher Form und erstreckt sich ziemlich weit nach hinten. An mittelgrossen Nattern hat sie etwa eine Länge von 6—7 Linien, bei einer Breite von 1 Linie.

Ausmündung. — Hellmann theilt der Drüse einen einzigen Ausführungsgang zu, welcher nahe der Mündung der Zungenscheide sich öffnen soll. Dies ist irrig: es münden die einzelnen Drüsenhäufchen oder selbst die einzelnen Drüsensäckchen der Schläuche für sich aus, was aber genannter Beobachter bei seinen Hilfsmitteln der Untersuchung unmöglich wahrnehmen konnte. Wir sind jetzt im Stande, sowohl bei Besichtigung der Seite der Drüse, welche einwärts gegen die Zungenscheide gerichtet ist, als auch an senkrechten Schnitten zu sehen, dass viele Oeffnungen zugegen sind.

f. Nickhautdrüse (Glandula membranae nictitantis s. Harderiana).

Diesen Namen hat die Drüse[1]) zu führen, welche herkömmlich die Bezeichnung Glandula lacrimalis trägt. Sie wird an der Ringelnatter zuerst von Tiedemann[2]) beschrieben, der sie „Gaumenspeicheldrüse“ nennt und sehr irrig für gleichwerthig der Giftdrüse der Vipern hält; der Genannte hat, was schon Meckel rügte, die Giftdrüse der Vipern gar nicht gekannt.

Clocquet[3]) beschreibt das Organ als Thränendrüse, ebenfalls

1) Fig. 1, a; Fig. 26, a; Fig. 27; Fig. 28.
2) a. a. O. S. 26.
3) a. a. O. Fig. 8, b.

bei der Ringelnatter; Meckel[1]) bezieht sich in seinen Angaben auf Coluber überhaupt; bei Duvernoy handelt es sich um die Drüse der Ringelnatter[2]).

Lage. — Form. — Nachdem man die Haut vom Kopfe abgezogen, kommt das freie, lappig eingeschnittene Ende der Drüse gleich hinter dem Auge zum Vorschein[3]) und ich begreife desshalb die Abbildung bei Tiedemann nicht, allwo sie beinahe erst um einen halben Zoll hinter dem Augapfel auftaucht. Die Figur bei Clocquet giebt die Lage dieses Lappens ganz richtig an.

Die Drüse ruht ihrer Hauptmasse nach auf dem fibrösen Boden der Augenhöhle, vorn und unten um das Auge herumbiegend. Im Allgemeinen[4]) von länglich platter Form zeigt nur der hinter dem Auge vorstehende Theil Kerblinien oder ein Zerfallen in fingerförmige Lappen; im übrigen ist der zugeschärfte Rand der Drüse unregelmässig, einmal tiefer, sonst seicht eingeschnitten; der gegen das Thränenbein oder den inneren Augenwinkel zugekehrte Theil erscheint verjüngt und zugespitzt.

Substanz der Drüse. — Gegenwärtiges Organ hat, was schon die Früheren nicht unerwähnt liessen, eine viel weichere Beschaffenheit als die vorangehenden Glandulae labiales, linguales und nasales; auch ist ihre Oberfläche nicht „körnig", sondern wegen Feinheit der Schläuche glatt; nicht minder weicht sie im übrigen Bau von den genannten Drüsen ab. An Schnitten, die wegen des weichen, pulpigen Wesens weniger leicht auszuführen sind, zeigt sich nämlich, dass die Drüse einen einzigen Hauptausführungsgang[5]) hat, der ungefähr, nicht genau, die Mitte der Drüse durchzieht und Aeste von den seitlichen, zum Theil lappigen Partieen aufnimmt. Die eigentlichen Drüsenschläuche, aufs dichteste zusammengeschoben und ineinander geschlängelt, haben eine zarte Haut und ihre Epithelzellen sind mit körnigem Inhalt erfüllt, doch so, dass derselbe gegen den vorderen Abschnitt der Zelle sich anhäuft, während der hintere gegen die Membrana propria gewendete und den Kern bergende, hell bleibt. Das Epithel des Ausführungsganges und seiner Seitenzweige hebt

1) a. a. O. S. 3.
2) a. a. O. S. 124.
3) Fig. 1, a.
4) Fig. 26; Fig. 27.
5) Fig. 28.

sich auf Schnitten wegen durchaus heller Beschaffenheit der Zellen als lichtere Zone von der trüben Drüsensubstanz ab. — Auch von dieser Drüse habe ich mir angemerkt, dass feine Intercellulargänge als erste Wege der Drüsenlichtung zugegen seien.

Ausmündung. — Die Frage, wo mündet die Drüse aus, ist nicht so leicht zu beantworten: Meckel schweigt darüber ganz, Tiedemann will „einige kleine Löcher in der gefalteten Haut des Gaumens" als Mündungsstellen gesehen haben; auch Clocquet und Joh. Müller lassen sie am Gaumen sich öffnen. In die Angaben der beiden letzten Anatomen spielt offenbar das ihnen unbekannt gebliebene Nebengeruchsorgan herein und sie haben dessen Lichtung zum Ausführungsgang der Drüse gerechnet[1]). — Die Oeffnung des Ganges liegt am inneren Winkel des Conjunctivalsackes unter einer bogigen Falte. Der Ausführungsgang ist bis nahe seinem Ende mit Drüsenfollikeln besetzt, welche ihm zuletzt wie vereinzelte Knospen aufsitzen. Die Conjunctiva dieser Gegend ist sehr reich an feinen elastischen Fasern.

Hinsichtlich der Methode der Untersuchung mag bemerkt sein, dass man den schwanzartig ausgezogenen Theil der Drüse genau an die entsprechende Stelle der Bindehaut des Auges, allwo bei Vögeln und Säugern die Mündung der Harder'schen Drüse liegt, zu verfolgen hat und dann erst das Mikroskop in Anwendung bringt.

Noch sei erwähnt, dass vor langen Jahren Schlemm die arteriellen Gefässe dieser Drüse beschrieben und abgebildet hat[2]).

2. Würfelnatter (Tropidonotus tessellatus, Laur).

a. Lippendrüsen (Glandulae labiales).

Die Oberlippendrüse (Glandula labialis superior) erscheint im Vergleich zu jener der Ringelnatter etwas weniger entwickelt und daher schmäler[3]). Von ihrem vorderen Ende hebt sich eine

1) Vergl. meine Abhandlung: Zur Kenntniss der Sinnesorgane der Schlangen. Archiv f. mikroskop. Anat. 1872.

2) Anatomische Beschreibung des Blutgefässsystems der Schlangen. Zeitschrift für Physiologie 1826.

3) Fig. 3, b.

Partie deutlich als Schnauzendrüse ab. — Was aber wieder von besonderer Bedeutung ist: es zeigt sich auch hier an der Oberlippendrüse eine unverkennbare Sonderung in eine hintere Partie von gelblicher Farbe und mit grösseren Follikeln, während der übrige Theil von Farbe grau ist und aus kleinen Follikeln besteht. Beides ist schon fürs freie Auge ganz deutlich.

Die Unterlippendrüse (Glandula labialis inferior) hat nur den grauen Farbenton. Vorne zwischen den Hälften des Unterkiefers verbinden sich die Drüsen der beiden Seiten im Bogen; auch diese letztere Partie besitzt gleich den übrigen Lippendrüsen mehrere Ausführungsgänge.

(Nasendrüse, Zungendrüsen sind vorhanden und von ähnlichem Verhalten, wie bei der Ringelnatter.)

b. Nickhautdrüse (Glandula membranae nictitantis).

Die Drüse[1]) ist auch hier von bedeutender Grösse, weissgelb von Farbe und ragt abermals hinter dem Auge hervor, zwischen der Oberlippendrüse und den Beissmuskeln; sie erstreckt sich nach hinten fast so weit, als die Oberlippendrüse reicht. Da dieser ausserhalb der Augenhöhle liegende Abschnitt bei jeder unserer einheimischen Schlangenarten von besonderem, man könnte sagen specifischem, Umriss sich darstellt, so halte ich es für passend, demselben eine Abbildung von mehreren Arten zu widmen. Bei der in Rede stehenden Natter ist die Partie in zwei wieder mehrfach, doch seicht eingeschnittene Lappen zerfällt.

3. Glatte Natter (Coronella laevis, Merr.).

a. Lippendrüsen (Glandulae labiales).

An der Oberlippendrüse[2]), welche hier nach hinten fadig ausgeht, ist abermals der Unterschied zwischem einem gelblichen Theil und einem hellgrauen schon fürs freie Auge recht deutlich; und zwar sowohl an frischen Thieren als auch an solchen, welche in Weingeist aufbewahrt waren.

1) Fig. 3, a.
2) Fig. 6, b.

Die Schnauzendrüse und Nasendrüse sind so gut wie die Unterlippendrüse von grauer Farbe. An der Nasendrüse, welche aus länglichen, ineinander geschobenen Schläuchen besteht, glaube ich hier noch bestimmter als bei den übrigen giftlosen Arten gesehen zu haben, dass sie einen einzigen, grossen Ausführungsgang hat.

Nerven. — Bei gegenwärtiger Art habe ich auch die Nerven[1]) näher verfolgt, um zu erfahren, ob sich bei den Schlangen die merkwürdigen Dinge sehen lassen, welche man schon seit einiger Zeit über die Nerven und ihre Enden in den Speicheldrüsen der Säugethiere beobachtet haben will.

Durch die gewöhnliche Weise der Untersuchung stellt sich leicht heraus, dass ziemlich viele Nerven an die Lippendrüsen — diese habe ich zumeist geprüft — gehen. Längs der Drüse der Unterlippe (Glandula labialis inferior) erblickt man einen starken Nerven, der, während er hinterwärts unterhalb der Drüse hinzieht, nach vorne zu innerhalb der Drüsensubstanz zu liegen kommt. Querschnitte durch den Drüsenkörper zeigen, dass der Nerv mitten in der Drüse, in deren unterem Drittel steckt; von ihm lösen sich verschiedene Zweige zur Drüse ab. Dann treten auch ferner ziemlich zahlreiche Nerven durch den die Drüse von aussen umgrenzenden Lymphraum heran; sie nehmen hierbei ihren Weg innerhalb der bindegewebigen Bälkchen oder Säulchen, welche sich durch den Lymphraum hinspannen. Es ist interessant wahrzunehmen, wie der Bau einer solchen Brücke die grösste Aehnlichkeit hat mit den entsprechenden Bildungen, welche bei Fröschen und Kröten die Nerven zur Haut des Rückens, mitten durch die grossen Lymphräume, leiten. Die Grundsubstanz des Bälkchens nämlich ist Bindegewebe mit zahlreichen feinen elastischen Fasern; dazu kommt jetzt der Nerv, umgeben und abgegrenzt von derselben lichten, einem Lymphraum entsprechenden Zone, welche wir bei genannten Batrachiern an gleicher Stelle finden, endlich die begleitenden Blutgefässe. (Es giebt selbstverständlich auch Bälkchen, die nur Blutgefässe führen; andere, welche auch diese nicht haben, sondern nach Aufhellung blos die geschlängelten elastischen Fasern zeigen.)

Nachdem der Nerv zur Drüse herübergetreten ist, verlieren sich die Primitivfasern, indem sie unter Geflechtbildung auseinander weichen, zwischen die Follikel. Es muss hervorgehoben werden, dass

1) Vergl. Fig. 21; Fig. 22; Fig. 23; Fig. 24.

die weitaus grösste Mehrzahl der Drüsenbälge anatomisch nicht in Berührung mit Nerven kommt, sondern dass es eine verhältnissmässig ganz kleine Anzahl von Follikeln ist, in deren Nähe Nerven getroffen werden. Forscht man jetzt weiter nach ihrer Endigung, so begegnet man denselben Schwierigkeiten, wie an vielen andern Orten: man unterscheidet die Nerven deutlich nur so lange, als sie durch ihre Markhülle kenntlich sind, darüber hinaus beginnt die Unsicherheit. Selbst die so sehr gerühmte Ueberosmiumsäure hat mich in diesem Punkte nicht gefördert, ja an Präparaten dieser Art schien es, als ob die Nervenfasern stumpfspitzig mit voller Markscheide an der Tunica propria aufhörten[1]), was schwerlich der Fall ist. Denn es ist wahrscheinlicher, dass, wie anderwärts, noch jenseits der Markscheide die Axensubstanz der Nervenfaser fernerhin sich verbreitet. Von einem Zusammenhang der Nervenelemente mit den Epithelzellen habe ich nicht die mindeste Spur vor die Augen bekommen. Ich werde unten noch einmal auf den Gegenstand zurückweisen.

Auch von verästelten Zellen zwischen den Drüsenbälgen ist mir nur einigemale etwas aufgestossen, was sich vielleicht auf die darüber vorhandenen Angaben beziehen liesse; aber dann waren die Theile jedenfalls nicht nervöser Natur, sondern Knotengebilde der elastischen Fasern, welche reichlich das bindegewebige Gerüst der Drüse umstricken und wohl wesentlich dazu beitragen, dass die ganze Drüse eine gewisse härtliche Beschaffenheit an sich hat.

b. Nickhautdrüse (Glandula membranae nictitantis).

Wie auch sonst unterscheidet sich schon durch ihr Aussehen diese Drüse wesentlich von den Lippendrüsen: während letztere durchweg eine körnig-acinöse Oberfläche haben, ist diese ganz glatt. Und was nun wieder das aus der Augenhöhle nach hinten hervorragende Ende betrifft, so ist es nicht eingeschnitten oder lappig, sondern von einfach walziger Gestalt[2]). — Die Intercellulargänge oder Spaltenräume im Epithel sind auch hier nachweisbar.

1) Fig. 24.
2) Fig. 6, a.

4. Aesculapsschlange (Coluber viridiflavus, Lacep.).

Indem es mir bis jetzt nicht gelang, in den Besitz eines frischen Thieres zu kommen, vermag ich nur nach einem schon lange Zeit in Weingeist aufbewahrten, aus der Bretagne stammenden Exemplar den Umriss des hinteren Theils der Glandula labialis superior zu geben [1]). Letztere steht in ihrer Entwicklung etwas zurück.

Von charakteristischer Form ist wieder das hintere Ende der Nickhautdrüse: es ragt dasselbe als cylindrischer, platter Körper weit aus der Augenhöhle nach hinten heraus, verschmälert sich dabei, um aber zuletzt plötzlich noch einmal in einen folliculär gelappten Endabschnitt anzuschwellen, welcher durch eine so schmale Brücke mit dem übrigen Theil zusammenhängt, dass er beinahe wie ganz davon abgelöst erscheint [2]).

---

5. Aesculapsschlange (Coluber viridiflavus. var. carbonarius, Schreib.).

An einem schönen Exemplar, das ich mir in den tyrolischen Bergen gefangen habe, sehe ich, dass, wie bei der Stammform, die Oberlippendrüse (Glandula labialis superior) geringer entwickelt ist als bei der Ringelnatter; trotzdem besteht sie abermals aus zwei verschiedenen Partieen. Einmal aus Drüsensäckchen, deren zarte, membranlose Zellen von dicht granulöser Beschaffenheit sind, wobei es den Anschein haben kann, als ob die Zellen die Schläuche so anfüllten, dass gar keine Lichtung übrig bliebe. Allein bei sorgfältiger Behandlung ergiebt sich doch, dass eine von den Zellen umstellte Lichtung des Drüsenschlauches übrig ist. Die Acini dieser Drüsenabtheilung sind von Neuem die grösseren und fürs freie Auge von gelblichem Farbenton. — Der gemeinsame, einzige Ausführungsgang zeigt ein hohes, helles Cylinderepithel, sehr verschieden von den Zellen in den Drüsenschläuchen.

Die übrige Drüsenpartie ist aus kleineren Acini zusammengesetzt und diese haben Epithelzellen von hellem Aussehen, welche überdies von einer deutlichen Membran begrenzt erscheinen.

Eine Schnauzendrüse (Glandula rostralis) hat sich von der

1) Fig. 4, b.
2) Fig. 4, a.

Oberlippendrüse abgelöst. Die Nasendrüse (Glandula nasalis) ist zugegen. — Da bei dem untersuchten Thiere die Blutgefässe in noch gefülltem Zustande angetroffen wurden, so liess sich die Art, wie sie die Drüsenbälge umspinnen, gut wahrnehmen.

Da unsere Natter nur als eine Varietät von C. viridiflavus gilt, so hat es Interesse, gerade wieder die Form der Nickhautdrüse, welche ja nach den Species so bestimmt abändert, genauer anzusehen [1]).

Wir finden, dass dieselbe die Grundzüge der Form mit jener der C. viridiflavus zwar gemein hat, aber doch ein Weniges abweicht. Da ich von beiden Schlangen bisher nur je ein einziges Exemplar zergliedern konnte, so bin ich ausser Stand zu sagen, ob die Verschiedenheit nur die Bedeutung einer individuellen Abweichung hat, oder ob sie der Varietät als solcher zukommt.

Es erstreckt sich nämlich die Nickhautdrüse (Glandula lacrimalis der Autoren) weit aus der Augenhöhle nach hinten; der erste nach aussen liegende Abschnitt ist cylindrisch, glatt, am oberen Rande mit kurzen, seichten Einkerbungen; das Endstück erscheint angeschwollen, folliculär und die Epithelzellen der Drüsenschläuche sind körnig gefüllt.

Die beiden Figuren 4 und 5, genau mit der Lupe und in gleicher Lage gezeichnet, lassen das Uebereinstimmende und die Verschiedenheiten der Drüse bei C. viridiflavus und C. carbonarius beurtheilen. Auch den feineren Bau bezüglich der Drüsenschläuche, der Nerven und Blutgefässe habe ich an einem Schnitt versinnlicht [2]); sowie endlich das Dasein der zwischen den Epithelzellen sich verbreitenden feinen Gänge in einer Abbildung [3]) festgehalten wurde.

Das Bindegewebe zwischen dem oberen Rande der Glandula labialis superior und dem unteren Rande der Glandula membranae nictitantis bot zum Theil schon fürs freie Auge den Charakter einer lymphdrüsenartigen Substanz dar.

1) Fig. 5, a.
2) Fig. 29.
3) Fig. 30.

II. Giftschlangen.

1. Kreuzotter (Vipera berus, L.).

a. Lippendrüsen (Glandulae labiales). — Nasendrüse (Gl. nasalis).

Der Ober- und Unterlippendrüse gedenkt zuerst Tiedemann: sie seien sehr schmal, plattgedrückt, von Farbe gelblich weiss, die Ausführungsgänge wie bei der Ringelnatter. Dass sich die Drüsen von rechts und links, am Schnauzentheil der Ober- und Unterkinnlade, im Bogen verbinden, scheint der Genannte nicht bemerkt zu haben; bei Brandt ist auf den Figuren, ohne dass davon im Texte Erwähnung geschieht, der Zusammenhang richtig ausgedrückt[1]).

Da Duvernoy[2]) zwar die Unterkieferdrüse („glande salivaire sous-mandibulaire") kennt und von ihr dem Sachverhalt entsprechend angiebt, dass sie eine geringere Entwicklung zeige als jene von Coluber[3]), hingegen das Vorhandensein der Oberkieferdrüse („glande salivaire sus-maxillaire") in Abrede stellt, oder höchstens die Anwesenheit „einiger Krypten" in der Dicke der Oberlippe zugiebt, so führe ich aus meinen Beobachtungen an, dass die Oberkieferdrüse ebenfalls deutlich zugegen ist, wenn auch allerdings für die gewöhnliche Besichtigung nur als schmaler Streifen, doch immerhin längs der ganzen Oberlippe sich hin erstreckend[4]). Wegen dieser Kleinheit lassen sich aber an Querschnitten die Einzeldrüschen nach ihrem ganzen Umfang — die Ausführungsgänge mit eingeschlossen — besser darstellen, als etwa von der Ringelnatter; wobei auch klarer wird, dass die Schläuche selber stark geknäuelt sind. Ferner ist der Schnauzentheil der Drüse an Durchschnitten gut wahrzunehmen und auch hier sehe ich, dass diese Partie nur einen einzigen und zwar weiten Ausführungsgang hat, der sich am Lippenrand genau in der Mittellinie öffnet.

---

1) Brandt und Ratzeburg, Medicinische Zoologie 1829, Tab. XX, Fig. 3, 4.

2) a. a. O. S. 157.

3) Uebrigens ist trotzdem diese Unterlippendrüse der Viper doch stärker entwickelt, als die gleiche Drüse bei Lacerta.

4) Fig. 7, c.

Nach einwärts von der Oberkieferdrüse, gegen den Gang der Giftdrüse hin, verbreitet sich ein System von Lymphräumen, durchsetzt von Querbälkchen; unter der Giftdrüse liegt abermals ein grosser Lymphraum, in welchen sich die erwähnten kleineren fortsetzen.

Ob eine Nasendrüse (Glandula nasalis) fehlt oder vorhanden ist, getraue ich mir, bis jetzt wenigstens, nicht bestimmt zu sagen; wenn sie zugegen ist, so muss sie jedenfalls sehr klein sein, denn ich habe sie an einem Exemplar, es war var. prester, vergebens gesucht. Uebrigens ist der Raum zwischen Auge und Nase kürzer als bei den obigen giftlosen Schlangen.

b. Zungendrüsen (Glandulae linguales).

Sowohl die paarige Zungendrüse, welche ich oben an den giftlosen Schlangen als Gl. lingualis anterior unterschied, als auch die unpaare, von mir als Gl. lingualis posterior bezeichnete, lassen sich unschwer erkennen; auch hat sie bereits vor langen Jahren, was ganz in Vergessenheit gerathen ist, Hellmann nicht blos beschrieben, sondern auch von Vipera berus abgebildet[1]). Dass die Drüsen alle, und zwar von der gleichen Schlangenart, auch Meckel'n bekannt waren, geht aus einer Stelle[2]) seiner oft erwähnten Abhandlung unzweifelhaft hervor.

c. Nickhautdrüse (Glandula membranae nictitantis).

Als gegen Ende des 17. Jahrhunderts Moyse Charas, Apotheker in Paris, nach den Giftdrüsen der Viper[3]) suchte, da es ihm unwahrscheinlich war, dass, wie Redi gewollt hatte, das Gift aus Bläschen des Zahnfleisches abgesondert werde, fand er „après plusieurs recherches, faites avec assez d'attachement et de patience" die in Rede stehende Drüse. Er sprach sie zunächst für eine Speicheldrüse an, und da ihm die wahre Giftdrüse unbekannt geblieben ist, so begreift man, dass er die von ihm entdeckte und nach Lage, Form und Farbe, wenn wir die Zeit und die Hilfsmittel des Zer-

1) Ueber den Tastsinn der Schlangen. Götttingen 1817, S. 21. Fig. 1, c. e.

2) a. a. O. S. 12.

3) Er hatte indessen, worüber sein Werk „Experience sur la Vipère, Paris, 1672", keinen Zweifel lässt, nicht unsere Vipera berus, sondern Vipera aspis zur Hand.

gliederers von damals nicht ausser Acht lassen, sehr gut beschriebene und recht brav abgebildete Drüse, für das Absonderungsorgan des Giftes gehalten hat. Auch stimmten ihm ja die „savans Medecins" in Paris, die sich in seinem Hause versammelten und die Sache durch eigene Untersuchung prüften, durchaus bei.

Eher darf es Verwunderung erregen, dass mehr als hundert Jahre nachher Tiedemann, ein sonst so strenger und genauer Anatom, abermals die Nickhautdrüse schlechthin als Giftdrüse ansprechen konnte, und sogar beobachtet haben wollte, dass die Ausführungsgänge in die Hakenzähne einmünden.

In den Arbeiten Meckel's und Duvernoy's gilt besagtes Organ als Thränendrüse (Glandula lacrimalis); auch bei Brandt, in dessen mit Ratzeburg gemeinschaftlich herausgegebenem Werke das hintere Ende der Drüse abgebildet wird, trägt sie denselben Namen, der ihr auch bis zur Stunde in den Hand- und Lehrbüchern verblieben ist.

Ich habe die Drüse von einem männlichen Thiere untersucht, und möchte gegenüber von Brandt, der das hintere, aus der Augenhöhle hervorstehende Stück ganzrandig, ohne Lappenbildung, zeichnen lässt, bemerken, dass es sich mir von lappigem, eingeschnittenem Umriss darstellte. Der genannte Zoolog zergliederte nur Weibchen, so dass es einstweilen fraglich bleibt, ob es sich um eine Ungenauigkeit oder um eine Geschlechtsverschiedenheit handelt. — Auch bei Duvernoy erscheint das gleiche Stück der Drüse[1]) einfach glatt gehalten. Doch auch dieser Fall entzieht sich mir einstweilen der Beurtheilung, denn die Unterschrift der Tafel lautet ausdrücklich: Vipère commune Cuv. und bei Cuvier[2]) steckt unter dieser Bezeichnung Vipera berus und Vipera aspis. Da wir nun oben an den giftlosen Schlangen gesehen haben, dass die Form dieses Endstückes der Drüse nach den Species sehr bestimmt abändert, so könnte solches auch bei den Giftschlangen der Fall sein.

d. Giftdrüse (Glandula venenata).

Wie vorhin angeführt, haben mehrere der früheren Beobachter die Giftdrüse bei der allerdings etwas verdeckten Lage, welche sie einnimmt, gar nicht gekannt, sondern die Nickhautdrüse oder soge-

1) a. a. O. Pl. 8. Fig. 1, d.

2) Regne animal, Tom. II, 1817, p. 84.

nannte Thränendrüse dafür genommen. Andere, welche selbst nachsuchten, wie z. B. Wolf[1]), müssen geradezu erklären, dass sie die Giftdrüse nicht zu finden vermochten. Dass zu den Autoren, welche die Thränendrüse für die Giftdrüse nahmen, auch Tiedemann zu zählen ist, wurde schon berührt und ich verstehe nicht, wie Meckel[2]) in seiner kritischen Durchsicht der hierher gehörigen Arbeiten sagen konnte, Tiedemann habe mit Bestimmtheit alle Theile (der Giftdrüse nämlich) bei Vipera berus im Zusammenhange gesehen, während Meckel doch selbst kurz zuvor[3]) den Tadel aussprechen muss, dass Tiedemann die Augenhöhlendrüse (Thränendrüse) für die Giftdrüse gehalten habe und auch später[4]) wieder auf den Irrthum zurückkommt.

Es ist ausser Zweifel, dass an der Viper und zwar an der Vipera aspis die Giftdrüse zuerst von Fontana nachgewiesen wurde[5]); und wer die Theile aus eigener Anschauung kennt, wird gerne zugestehen, dass auch in diesen, die Lage, Form und Bau des Organs betreffenden Mittheilungen der italienische Forscher und Arzt sich als feinen Beobachter kundgiebt.

Die Giftdrüsen von Vipera berus kennen Rudolphi[6]), Meckel[7]); von Vipera aspis hat sie Joh. Müller[8]) untersucht; wieder von

1) In Sturm's deutscher Fauna.

2) a. a. O. S. 9.

3) a. a. O. S. 3.

4) a. a. O. S. 10, S. 11.

5) Ueber das Viperngift. Uebersetzg. Berlin 1787, S. 11.

6) In der Dissertation Seifert's Spicilegia adenologica, Berol. 1823. Die in Kupferstich ausgeführte Zeichnung ist offenbar nach einem sehr sauberen Präparate gefertigt, das wahrscheinlich nach einer Bemerkung über die Giftdrüse von Trigonocephalus zu schliessen, von der geschickten Hand Schlemm's (»musei et theatri anatomici prosectoris bene meriti«) herrühren mochte. Es zeigt sich die obere und untere Lippendrüse, sowie die Giftdrüse in natürlicher Grösse. Von der Orbitaldrüse konnte blos das aus der Augenhöhle nach hinten herausragende Stück dargestellt werden, was zu berücksichtigen ist, wenn der Text sagt: glandula quae non procul ab orbita pone hanc sita est, und die Grösse nur auf zwei Linien im Durchmesser angiebt. — Die Abhandlung Metaxa's Monografia de' Serpenti di Roma etc. aus demselben Jahre (1823) zeigt, dass der Verfasser ebenfalls die echte Giftdrüse gekannt hat.

7) a. a. O.

8) De gland. secern. struct. penit. 1830, p. 51.

Vipera berus fast gleichzeitig Brandt[1]); in neuerer Zeit hat de Betta eine Originalzeichnung über den Giftapparat von Vipera aspis gegeben[2]); endlich vor Kurzem geht A. B. Meyer in einer Abhandlung über den Giftapparat der Schlangen, insbesondere der Gattung Callophis[3]), auch auf den Bau der Giftdrüse von Vipera berus ein. Ebengenannter Schriftsteller ist auch bisher der Einzige, welcher auf einige der feineren Structurverhältnisse geachtet hat.

Ligamentum zygomaticum. — Indem ich zu den eigenen Beobachtungen übergehe, möchte ich mit der sehnigen Brücke[4]) beginnen, welche oben bereits von Tropidonotus natrix erwähnt, bei giftigen und giftlosen Schlangen zugegen sich zeigt. Hier bei der Kreuzotter erstreckt sich ein solches Band von der Verbindungsstelle des Quadratbeins mit dem Unterkiefer nach vorne, unterhalb des Auges, zum Oberkiefer, bis in die Nähe des Os lacrimale. Von letzterem verliert sich eine freie Spitze in die sehnige Substanz der Brücke, wie man nach Aufhellung durch Kalilauge wahrnimmt. Dieses Jochband ist hier stärker als bei den giftlosen Schlangen, und entspricht noch deutlicher einem bindegewebig gebliebenen Jochbogen. Ohne dem Gebilde eine derartige Deutung zu geben, gedenkt auch Brandt desselben als eines sehnigen Schenkels, der einerseits nach vorne bis gegen das Nasenloch und andererseits nach hinten sich erstrecke; den Worten entsprechend zeigt die Abbildung des Vipernkopfes, Fig. 3, den Sehnenstrang[5]). Bei Duvernoy heisst der Theil „ligament articulo-maxillaire". De Betta, welcher von Vipera aspis das Band ebenfalls abbildet, ist nach Voranstehendem im Irrthum, wenn er meint, vor ihm habe noch Niemand diese Bildung wahrgenommen[6]).

1) Brandt u. Ratzeburg, Medic. Zoologie, 1829.

2) Erpetologia delle provincie Venete etc. 1857.

3) Monatsberichte d. Akad. der Wiss. zu Berlin, 1869.

4) Fig. 7, d; Fig. 8, c.

5) a. a. O. Tab. XX.

6) a. a. O. Fig. 3, »piccolissimo filamento muscolare non avvertito nè figurato da alcun autore.« — Ausser den genannten Autoren, welche um das Jochband wussten, mag vielleicht auch noch Gust. Carus erwähnt werden, welcher in seiner Zootomie (Leipzig 1834, Theil II) von einer eigenen Sehne zwischen Kiefergelenk und Schuppe des Oberkiefers spricht. Was übrigens sonst davon gesagt wird, könnte ich nicht für richtig gelten lassen.

Lage der Drüse. — In einer fascienartigen und dabei wie eine Tasche gestalteten Verbreiterung dieses Ligamentum zygomaticum oder sehnigen Jochbogens liegt die Giftdrüse, fast ähnlich wie wir die Ohrspeicheldrüse der Säuger zwischen die Fascia parotidea-masseterica eingeschaltet wissen. Die drei Portionen des Musc. temporalis lassen zunächst da, wo die Giftdrüse zu liegen kommt, eine tiefe Grube zu ihrer Aufnahme entstehen. Dann betheiligt sich zweitens die Substanz des Muskels an der Umhüllung der Drüse: die oberste und vorderste Partie des Muskels setzt sich nämlich, hinter der Fascie angelangt, an diese fest, während die andere oder tiefere Portion hinab zum Unterkiefer geht. Die Hauptmasse aber des musculösen Ueberzuges der Drüse liefert der M. masseter, welcher von dem vorderen und hinteren Blatte der mehrfach erwähnten Fascie („silberglänzende Sehnenhautplatte") entspringt und mit seinen Fasern die Drüse von aussen, innen und hinten völlig umfasst; hierauf erst wendet sich der übrige Theil des Muskels zum Unterkiefer.

Es hat somit die Drüse keine ihr eigenthümliche Musculatur, sondern sie ist zwischen die beiden Lagen des letztgenannten Beissmuskels eingeschoben. Bei Tropidonotus natrix, allwo eine Drüse in den Muskel nicht eingelagert wird, entspringt der M. masseter gleich dem M. temporalis nur vom knöchernen Schädel.

Fontana, welcher über das Verhalten des Muskels zur Drüse sich bereits sehr gut unterrichtet zeigt[1]), spricht sich nicht darüber aus, welchem der Beissmuskeln jene die Drüse wie eine Presse zwischen sich nehmende Partie zu vergleichen sei; Brandt nennt sie fragweise Musc. buccinatorius, was gewiss für unstatthaft erklärt werden müsste, da dieser Gesichtsmuskel bei Reptilien noch nicht aufgetreten ist.

Bau der Drüse. — Die durch Einschneiden und Zurückschlagen der sehnigen und musculösen Umhüllung blosgelegte Drüse[2]) ist an sich nicht gross; sie übertrifft in ihrem Umfang kaum das hintere aus der Augenhöhle hervorstehende Ende der Nickhautdrüse. In ihrem Bau bietet sie manches Besondere dar, was theilweise schon Joh. Müller wahrgenommen hat. So finde ich, wie der Genannte in seinem umfassenden Drüsenwerke bereits von Vip. Redi angegeben, dass eine derbe fibröse Umhüllung, indem sie nach

1) a. a. O. S. 11.
2) Fig. 7.

innen einige blattartige Einfaltungen abschickt, die Drüse in mehrere Hauptlappen oder Abtheilungen zerlegt. Diese fibröse Haut ist übrigens nicht eins und dasselbe mit der Sehnenscheide des Musc. masseter, sondern letztere umfasst erst nach aussen die besagte derbe Umhüllungshaut.

Joh. Müller[1]) giebt ferner einen Durchschnitt der Drüse, den ich wegen seiner Genauigkeit besonders zu rühmen habe und noch weiter aufzuklären vermag, als diess unserem Anatomen der Stand der Wissenschaft im Jahre 1830 zu thun erlaubte. Ich führe desshalb zuvor die Worte Müller's an: „ . . . divisio non ad dimidiam glandulae longitudinem usque porrigitur, ceterum lobuli posteriores caudati laxe in loculis fibrosis continentur, in minores etiam fasciculos ulterius divisi. Reliqua pro nimia rei exiguitate incognita."

Die derbe Hülle[2]) der Drüse besteht, wie Schnitte und entsprechende Vergrösserung lehren, aus einem festen Bindegewebe, dessen horizontale Züge in ähnlicher Weise aneinander schliessen, wie in der bindegewebigen Grundschicht der Lederhaut. Die sternförmigen Lücken zwischen ihnen sind theilweise sehr geräumig. Gleichwie nun an der Lederhaut der Amphibien und Reptilien[3]) durchweg ein lockeres, anders geartetes Bindegewebe von der unteren Fläche der derben Schicht, die aufsteigenden Gefässe und Nerven begleitend, von Stelle zu Stelle senkrecht sich erhebt, um sich mit der ebenfalls mehr lockeren Grenzschicht der Cutis zu verbinden, so lässt sich auch hier dieses Verhalten, wenn auch mehr vereinzelt, beobachten. Die erwähnten Lücken, sog. Bindegewebskörper, zeigen da und dort ein kernähnliches Gebilde; aber man konnte in Erfahrung bringen, dass ein solcher „Kern" eigentlich nur den Querschnitt eines derartigen Strängchens von lockerem Bindegewebe vorstelle, dass somit die „Bindegewebskörper" ganz gleich jenen übrigen Lückengängen waren, durch welche das lockere gefässtragende Bindegewebe den Weg durch die Lagen der derben Bindesubstanz nimmt.

Unterhalb dieser festeren Hülle folgt nicht sofort die eigentliche Drüsensubstanz, sondern das eben erwähnte Bindegewebe von lockerem Charakter entwickelt ein System von Höhlungen, die nichts anderes

1) Gland. sec. struct. Tab. VI, Fig. 3. Glandula venenipara Viperae Redi, cum segmentis in loculis vaginae aponeuroticae dispositis.

2) Fig. 12, a.

3) Vergl. meine Abhandlung über Organe eines sechsten Sinnes, z. B. S. 28.

als Lymphräume sein können[1]). Es wird diese Deutung auch dadurch bestätigt, dass man auf Schnitte stösst, in welchen Lymphkörperchen oder hüllenlose, feingranuläre, rundliche Zellen in grösserer oder geringerer Menge, wie auch sonst in Lymphräumen, zugegen sind.

Jetzt erst kommt das eigentliche bindegewebige Gerüst der Drüse, das mit dem Fachwerk der Lymphräume allerdings unmittelbar zusammenhängt, und wie durch eine Art Verdichtung aus demselben hervorgegangen ist; doch behält es denselben lockeren, weicheren Charakter wie das erwähnte Bindegewebe.

Hat man den im Voranstehenden dargelegten Bau durch eigene Untersuchungen sich klar gemacht, so betrachtet man mit Antheil das oben bereits angezogene Figürchen, welches Joh. Müller in seinem Drüsenwerk, wie die Unterschrift dieser Tafel sagt, selbst nach Vipera aspis gezeichnet hat; und das, obschon es in seiner Einfachheit nach gar nichts aussieht, doch das natürliche Verhalten getreu ausdrückt. Man findet dort nämlich zuerst von aussen und links eine schmale helle Zone, welche Fortsätze nach einwärts schickt: sie stellt die Hülle dar, welche aus derber Bindesubstanz geformt ist. Dann zeichnet Müller, in starker Entfernung von der Hülle erst die länglichen Drüsenläppchen und legt zwischen Hülle und Drüsensubstanz einen tiefen Schatten, welcher offenbar den zwischen den beiden Bildungen befindlichen Hohlraum versinnlichen soll. Diese schwarze Zone entspricht nun den schwammigen Lymphräumen, von denen ich vorhin gehandelt habe. — Brandt, welcher gleichzeitig die Giftdrüse der Vipera berus zergliederte, hat diese Structurverhältnisse nicht bemerkt und auch der neueste Untersucher, A. B. Meyer, lässt darüber nichts verlauten.

In dem bindegewebigen Gerüst der Drüse begegnet man nicht blos Blutgefässen, sondern auch Nerven; wie dieselben enden, ist mir aber unbekannt geblieben.

Nach den Linien, welche das Fachwerk der Drüse[2]) einhält, ist sie als eine Drüse von röhrigem Bau anzusprechen, wobei die feinen Röhren fürs freie Auge zu länglichen Schläuchen, als neuen Einheiten, sich zusammenthun. Nach hinten geht die Drüse wie in zwei Hauptzipfel auseinander. An dem rein herausgeschälten Organ

1) Fig. 10, b; Fig. 12, b.

2) Fig. 10, c; Fig. 11, a.

erinnert die Hügel- und Thalbildung der Oberfläche in ihren Grundzügen nicht wenig an die oben erörterte gelbliche Partie der Oberkieferdrüse ungiftiger Schlangen. — Die „Säckchen", welche Brandt beschreibt und zeichnet [1]), sind keineswegs die letzten Röhren oder Schläuche, sondern Gruppen von solchen.

Das bindegewebige Gerüst [2]) ist zart und man kann von einer Tunica propria nur in dem Sinne reden, dass man eben den Saum des Bindegewebes, welcher die „Schläuche" umgrenzt und die Blutcapillaren trägt, mit diesem Namen bezeichnet. Wenn das Blut der Capillaren entleert ist und auch die Epithelzellen abgespült wurden, sinken an Querschnitten die bindegewebigen Wände zu dünnen Blättern zusammen.

Das Epithel besteht an Weingeistexemplaren aus kleinen niedrigen Cylinderzellen, deren Kern weit nach vorn liegt. Auf Rechnung des Weingeistes ist wohl zu bringen, dass die Zellen am freien Ende oftmals fein zugespitzt enden; auch die granuläre Trübung der Zellen ist durch die gleiche Flüssigkeit hervorgerufen worden. Untersucht man nämlich die Drüse aus einem frischen Thier und mit Speichel befeuchtet, so erscheint das lebende Epithel als Ganzes wie eine helle homogene Zone, welche die Lichtung der Schläuche begrenzt. Es ist schon ein Zeichen des allmähligen Absterbens, wenn sich eine leichte Trübung einstellt; alsdann heben sich die runden Kerne aus der noch immer gleichmässigen Masse ab und erst zuletzt, also im ganz todten Zustand, nehmen die einzelnen Zellen ihre Grenzlinien an und individualisiren sich dadurch.

Meyer hat ebenfalls an einer frischen, aus dem lebenden Thier geschnittenen Drüse den feineren Bau geprüft. Nach ihm besteht „das giftabsondernde Parenchym aus glashellen, neben einander liegenden und hier und da gegen einander abgeplatteten zelligen Elementen"; sie seien ferner umgeben oder bedeckt von kleinen scharfcontourirten Körnern, welche Molecularbewegung an sich haben und auch im ausgepressten Secrete vorhanden seien. Auf der von genanntem Beobachter gegebenen Abbildung [3]) erfüllen die Zellen den Drüsenraum völlig; ich sehe hingegen nicht nur, dass überhaupt und in allen Schläuchen ein klarer, freier Innenraum oder Lichtung

1) a. a. O. Tab. XX, Fig. 4, α, β, γ, δ.

2) Fig. 11, a,

3) a. a. O. Taf. II, Fig. 7, »Parenchym der Giftdrüsen von Pelias Berus«.

übrig bleibt, sondern auch, dass dieser sich zwischen die Epithelzellen in Form von Lückengängen fortsetzt[1]). Es sind jene oben von den anderen Drüsen erwähnten Intercellulargänge oder Spalträume, welche entweder als helle Streifen zwischen den Zellen oder, wenn sie gefüllt sind, als dunkelglänzende Striche, auch netzförmig verbunden, sich darstellen.

Indem ich verschiedene Exemplare unserer Viper untersuchte, machte ich die Erfahrung, dass die Drüse bei dem einen Thier in ihrer Architectonik wenig oder gar nicht von jener der Kieferdrüsen abweicht, bei andern scheinbar sehr stark. Es hängt dieses offenbar mit dem Umstand zusammen, ob wir ein Thier vor uns haben, dessen Drüse mit Secret „geladen" ist, oder im Gegentheil bereits das Gift entleert hat. In dem letzteren Fall befand sich eine schwarze Viper, die durch Schläge auf den Kopf getödtet worden war, und wobei wohl durch willkürliche und krampfhafte Zusammenziehungen der Beissmuskeln alles Secret abgeflossen sein mochte. Hier war der Anblick eines feinen Schnittes durchaus ähnlich dem aus einer Kieferdrüse genommenen: rundliche Säckchen, umsponnen von Blutcapillaren, und die Lichtung der Säckchen sehr eng. Bei der geladenen Drüse hingegen erscheint die Lichtung der Endschläuche sowohl, wie diejenigen der Sammelgänge ausnehmend weit; selbst an den vorhin erwähnten feinen Intercellulargängen ist ein erweiterter oder starkgefüllter Zustand bemerklich. Den Kern sehe ich bald im hinteren, bald im vorderen Ende der Zelle, was wohl auch mit dem Abscheidungsprocess, dem Kommen und Schwinden der Zellen zusammenhängen mag.

Noch bemerke ich, dass man einer stärkeren Arterie, aus deren Endverzweigungen die umspinnenden Capillarnetze hervorgehen, im Inneren der Drüse begegnet. Auch werde ich zahlreicher gewundener Blutgefässe in der Umgebung der Drüse gewahr, vielleicht zu dem Wundernetz gehörend, welches unter und hinter der Drüse vorkommen soll[2]).

Ein Querschnitt durch den Ausführungsgang genommen, lehrt, dass auch er, gleich der Drüse, von reichlichen Lymphbahnen umgeben ist; aber anstatt der derben Sehnenhaut, welche dieselben am Drüsenkörper nach aussen abgrenzt, zeigt sich hier gewöhnliches

1) Fig. 18.

2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1843, CCCLVI.

Bindegewebe. Die Innenfläche des Ausführungsganges ist im leeren Zustande von faltiger Bildung. Durchgeht man das Bild des Durchschnittes auf seine Schichten, so erblicken wir zuäusserst eine hautartige Abgrenzung von Bindegewebe; dann kommen die Räume der Lymphbahnen, deren Bindegewebe sich einwärts verdichtet zu jener Haut, welcher das Epithel aufsitzt. Letzteres scheint sich in nichts von dem der Drüsenschläuche zu unterscheiden. Innerhalb des bindegewebigen Fachwerkes der Lymphbahnen verlaufen zahlreiche Blutgefässe[1]).

Schliesslich mag aufmerksam gemacht sein, dass man den Gesammtbau der Giftdrüse zuerst am besten an wohl erhaltenen Weingeistexemplaren untersucht und dann erst für die histologischen Einzelheiten das frische Thier zur Hand nimmt.

---

2. Sandviper (Vipera ammodytes, L.)

Die Glandula venenata dieses seit alter Zeit[2]) wegen der Stärke seines Giftes berüchtigten Thieres ist umfänglicher als jene der Vipera berus; auch die Beissmuskeln sind in Uebereinstimmung damit dicker; was beides zusammenwirkt, um den Kopf nach hinten zu verbreitern, so dass er durch ausgesprochene herzförmige Gestalt sich vom Halse absetzt.

Auch hier fällt uns zuerst wieder das Jochband[3]) in die Augen. Dasselbe lässt sich, da wo es über der Drüse die sehnige Umhüllung derselben bildet, derart fassen und aufheben, dass man schon auf diese Weise gewahrt, es sei die sehnige Hülle der Drüse nur das flächenhaft gewordene Band[4]). Das vordere Ende des Jochbandes

1) Metaxa, Monografia de' Serpenti di Roma etc., 1823, sagt vom Ausführungsgange: »canale escretorio si dilata in una vescichetta, e quindi ritorna al suo diametro.« Eine Angabe, welche sich wohl auf den durch das Secret erweiterten Zustand beziehen mag.

2) »Pausanias donne une description, que n'eut pas mieux faite un erpetologiste. »Bory de St. Vincent, Exped. de la Morée. — Auch scheint das Benehmen dieser Schlange ein anderes, angreifenderes zu sein, als das unserer Kreuzotter. Germar wenigstens in seiner Reise nach Dalmatien bemerkt, die Schlange sei gegen ihn unvermuthet in die Höhe gefahren und habe ihm dadurch keinen geringen Schrecken eingejagt.

3) Fig. 9, d.

4) Fig. 9, b.

verliert sich fadendünn am Oberkiefer; das hintere, welches dicker ist, geht zur Verbindungsstelle des Unterkiefers mit dem Quadratbein. Die sehnige Umhüllung der Drüse selbst aber hat noch drei kurze ligamentöse Ausläufer zu ihrer Befestigung; ein vorderer oberer heftet sich an den knöchernen hinteren Aussenrand, ein hinterer oberer wendet sich rückwärts zum Gelenkstück des Mastoideum; ein unterer, den beiden gegenüberliegender, tritt in Verbindung mit der häutigen Wand der Rachenhöhle.

Von den Beissmuskeln geht die oberste Partie des im vorderen Theile der Schläfengrube liegenden Musculus temporalis zur Innenseite der Drüse, um sich an die sehnige Umhüllung anzusetzen; eine tiefere Lage zieht hinab zum Unterkiefer. Ihre Hauptmuskelmasse erhält aber wieder die Drüse durch den Musc. masseter, welcher mit seinem Ursprung die Drüse von aussen, innen und hinten völlig umfasst, um dann erst hinab zum Unterkiefer zu steigen.

Aus der Drüse selber kam nach dem Einschneiden eine weissliche Flüssigkeit zum Vorschein, deren Trübung, wie das Mikroskop lehrt, durch dreierlei Elemente hervorgebracht wurde: 1) durch zahlreihe Molecularkörnchen; 2) durch grössere rundliche Körperchen, deren Umriss die Lichtbrechung zwischen Fett und Eiweiss einhielt; 3) waren von der Drüsenwand abgelöste Epithelzellen der Flüssigkeit beigemischt.

Von den übrigen Kopfdrüsen sind sowohl die Glandulae labiales des Ober- als auch jene des Unterkiefers vorhanden, erscheinen aber für das freie Auge nur als schmale Streifen; wobei immerhin deutlich wahrzunehmen ist, wie die Gl. labialis superior um die knorpeligen Nasenkapseln herum nach vorne geht und an der Schnauze eine Gl. rostralis erzeugt.

Auch die Glandulae linguales sehe ich deutlich. Die vordere paarige Drüse ist etwas kleiner als bei Tropidonotus natrix und auch weniger härtlich. Jede Drüse hat etwa ein Halbdutzend Ausführungsgänge, deren Oeffnungen innerhalb des muschelig ausgehöhlten Vorsprunges liegen, in welchem die Zungenspitze spielt. Das hintere Ende der Drüse wird von einem Muskel in gleicher Weise umfasst, wie es oben bezüglich der Ringelnatter dargelegt wurde. Die hintere oder unpaare Zungendrüse stellt wieder einen weisslichen Längsstreifen dar, welcher sich aus mehreren Gruppen zusammensetzt; und letztere bestehen aus den einzelnen Follikeln, wovon abermals jeder für sich ausmündet.

Die Nickhautdrüse (Glandula membranae nictitantis), an welcher, wie oben gezeigt, die Speciesverschiedenheiten so gerne zu Tage treten, bietet auch hier Abweichendes gegenüber derjenigen der Vipera berus. Vom eigentlichen Körper der Drüse, dessen vorderes Ende sich schwanzartig auszieht, löst sich das hintere Ende, welches klein und von lappigem Umriss ist, auch nur wenig hinter dem Augapfel frei hervorragt, von der übrigen Drüse fast völlig ab, so dass dieses Stück bloss durch einen Verbindungsgang, welchem eine ganze Strecke weit begleitende Follikel fehlen, mit dem übrigen Drüsenkörper zusammenhängt.

III. Allgemeines über den Bau.

1. Umriss und Gliederung der Kopfdrüsen.

Allen den im Obigen abgehandelten Drüsen ist ein bindegewebiges Gerüst gemeinsam, innerhalb dessen die Blutcapillaren, nicht selten in noch ganzer Füllung antreffbar, umspinnende Netze bilden. Die innerste, homogene Grenzhaut oder sog. Tunica propria tritt namentlich an der erhärteten Drüse immer scharf hervor; das bindegewebige Gerüst als Ganzes zeigt sich bald zarter und nachgiebiger, bald fester und dichter, was hauptsächlich die auffälligeren Unterschiede bedingt, welche die einzelnen Drüsen hinsichtlich ihrer Härte oder Weichheit darbieten.

Das nach einwärts vom bindegewebigen Gerüst gelagerte Epithel oder die Secretionszellen zeigen abermals nach ihrer feineren Beschaffenheit Unterschiede, welche offenbaren, dass die Absonderungen der Kopfdrüsen nicht ganz von einerlei Art und Wirkung sein können. Es lässt sich folgende Eintheilung durchführen:

a) Schleimdrüsen; dazu gehören die Zungendrüsen, die Kieferdrüsen, die Nasendrüse.

b) Speicheldrüsen; diese werden vorgestellt von dem besonderen weissgelblichen Lappen der Oberkieferdrüse der giftlosen Schlangen. Das Epithel erinnert an die Zellen der Labdrüsen im Magen, und die Beobachtung lebender Thiere lehrt, dass ihr Speichel schon eine bedeutende Verdauungskraft besitzen müsse.

c) Giftdrüse; das Epithel ist hier im Gegensatz zu demjenigen der Speicheldrüsen glashell, aber trotzdem zeigt das Secret

oder das Gift mit dem Speichel darin Verwandtschaft, dass hier die verdauende Kraft aufs höchste gesteigert ist, wie denn auch der Leichnam vergifteter Thiere sehr schnell in Fäulniss übergeht[1]).

d) Die Nickhautdrüse nimmt ebenfalls eine besondere Stellung ein, ohne dass ich über ihre physiologische Leistung bis jetzt nähere Anhaltspunkte besässe.

Bemerkung. An diesem Orte mag eingeschoben werden, dass bei Sauriern ebenfalls an gewissen Kopfdrüsen, indem das Epithel seine Natur ändert, besondere Partien sich abheben. Ich habe dieses Verhalten bereits von Lacerta angezeigt[2]) und füge jetzt hinzu, dass auch Anguis fragilis sich in ähnlicher Weise verhält. An der Unterzungendrüse, welche wie bei der Eidechse gelagert und mit zahlreichen nach einwärts gegen die Zunge gerichteten Mündungen versehen ist, zeigen sich die zwei hinteren Drittel entschieden dunkel gefärbt; der vordere Theil allein bleibt hell. Dieser Unterschied rührt, was die Untersuchung der frischen Drüse in Speichel kennen lehrt, davon her, dass der Inhalt der Epithelzellen von verschiedener Beschaffenheit in den beiden Portionen ist. Selbst an der Unterlippendrüse sind zwischen die hellen Follikel dunkelkörnige eingefügt. Immerhin will es mir vorkommen, als ob diese dunkeln, fürs freie Auge weisslichen Partien sich durch einen mehr grobkörnigen Inhalt der Zelle von der feineren und gleichmässiger dichten Körnchenmasse der Oberlippendrüse (Speicheldrüse) der Schlangen unterscheiden.

Nach dem Gesammtaufbau zerfallen die Kopfdrüsen der Ophidier in solche, welche

a) aus gesellig verbundenen, dicht beisammen stehenden und einzeln für sich ausmündenden Säckchen oder Schläuchen bestehen. (Folliculi aggregati). Oder es vereinigen sich:

b) die Schläuche oder Säckchen gruppenweise zu einer gemeinsamen Oeffnung (Folliculi compositi); die Drüse als Ganzes besitzt dann so viele Ausführungsgänge, als solche Gruppen vorhanden sind. Endlich:

1) Schon frühere Schriftsteller, z. B. Rudolphi, Grundriss der Physiologie, 1830, Abth. II, S. 61, haben auf die auflösende Kraft des Speichels und Giftes der Schlangen im Besonderen hingewiesen.

2) Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. S. 112.

c) alle Folliculi compositi der Drüse sitzen einem einzigen Ausführungsgang auf.

Zu der ersten Form gehört die hintere unpaare Zungendrüse (Gl. lingualis posterior); die zweite Art wird vorgestellt von der vorderen paarigen Zungendrüse (Gl. lingualis anterior) und den Ober- und Unterkieferdrüsen (Gl. maxillaris superior et inferior). Endlich die Glandula membranae nictitantis und Gl. venenata haben den Bau der dritten Form.

Die beiden ebengenannten Drüsen zeigen sich noch insofern verschieden, als bei der Giftdrüse trotz ihrer Besonderheiten die Art der Verzweigung des Ausführungsganges der baumförmigen Verästelung sich nähert. Da nun das letztere Verhalten auch in den Schleim- und Speicheldrüsen herrscht, so können Querschnitte, namentlich der frischen Drüse entnommen, Bilder geben, welche mit denen der Speicheldrüsen übereinstimmen.

Die Nickhautdrüse hingegen besitzt bei unsern Schlangen den Bau, welchen Joh. Müller von der „Thränendrüse" der Schildkröte zuerst beschrieben und abgebildet hat. Die scheinbar solide Drüsenmasse besteht aus federbuschartig zusammengestellten Blinddärmchen, welche gruppenweise mit gemeinsamem Stiel in den im Inneren verlaufenden Hauptcanal übergehen, „wie das Laub der Moose zu ihren Stengeln sich verhaltend", kann man mit Müller zur Verdeutlichung hinzusetzen.

2. Giftgang. — Giftbehälter.

Ueber das vordere Ende des Giftganges und seine Beziehung zum Giftzahn scheinen nicht Alle, welche über diesen Punkt geschrieben, eine ganz richtige Vorstellung zu haben. Blumenbach[1]) bemerkt, der Giftzahn sei im Grund als der wahre knöcherne ductus excretorius der „Giftblase" anzusehen; auch Rapp[2]) sagt: „der Giftzahn ist als ein knöcherner Ausführungsgang des Giftes zu betrachten" — Ausdrucksweisen, welche man im bildlichen Sinn wohl gelten lassen darf. Wenn aber Andere, z. B. Bergmann und Leuckart[3]) sich

1) Handbuch der vergleichenden Anatomie, Göttingen 1805, S. 104.

2) In der Dissertation Bächtold's: Untersuchungen über die Giftwerkzeuge der Schlangen, Tübingen 1843.

3) Vergleichende Anatomie und Physiologie des Thierreichs. Stuttgart 1852.

äussern wie folgt: „Der ausführende Canal der Drüse tritt in einen Zahn ein und öffnet sich an diesem, so dass man sagen könnte: der Ausführungsgang besitze ein zahnförmiges Ende", so ist diese Darstellung entschieden irrig. Der Ausführungsgang der Drüse tritt keineswegs in den Zahn ein, sondern hört in der Schleimhaut des Mundes auf; daher entspricht es einem wahren Sachverhältniss, wenn Meckel[1]) bemerkt, dass die Mündung des Ausführungsganges „gegenüber der Oeffnung an der Zahnwurzel liege", wie denn eigentlich schon Fontana dieses richtig erkannt und veranschaulicht hat.

Da es sich im Allgemeinen bei Giftapparaten darum handelt, dass im gegebenen Augenblicke gleich eine gewisse Menge fertigen Secretes zum Abflusse bereit sei, so treffen wir da und dort in der Thierreihe, z. B. bei den mit einem Giftstachel versehenen Hymenopteren, ähnlich auch an den Analdrüsen der Käfer und Orthopteren, einen Giftbehälter, in dem das aus der eigentlichen Drüse stammende Secret sich anhäuft. Schon am Giftapparat der Spinnen sehen wir aber, dass durch Erweiterung des Drüsenraumes selber, das Vorhandensein eines besonderen Behälters überflüssig werden kann. In vergleichbarer Weise gestalten sich die Dinge bei unseren Schlangen: die Giftdrüse zeichnet sich durch die Fähigkeit aus, dass alle Drüsengänge und Röhren sich sehr ausweiten können; selbst der Hauptausführungsgang besitzt im Verhältniss zur Grösse der Drüse eine sehr umfängliche Lichtung und zeigt sich daher im leeren Zustand nach innen stark gefaltet. Auf solche Weise scheint dafür gesorgt zu sein, dass Mengen fertigen Giftes, ohne einen besonderen Behälter erforderlich zu machen, zum Gebrauch stehen.

3. Intercellularcanäle.

Meine obigen Mittheilungen über die feinen Canäle zwischen den Zellen der Schleim- und Speicheldrüsen, sowie an der Giftdrüse und der Nickhautdrüse zeigen, dass die Structurverhältnisse, welche bei den Säugethieren zuerst Langerhans am Pancreas, Saviotti und Gianuzzi an demselben Organ, Pflüger und Ewald an den Speicheldrüsen erkannt haben, auch an den Kopfdrüsen der Schlangen allgemein vorkommen. Aber entgegen den genannten Beobachtern, welche ein wirkliches Canalsystem zwischen den Epithelzellen

1) System der vergleichenden Anatomie, Halle 1829, 4. Theil.

annehmen, finde ich durchaus, dass diese feinen „Secretionsröhrchen" einfach als Verlängerungen der Lichtung des Acinus und somit gleich diesem als reine Intercellulargänge anzusehen sind.

Ich bin der Meinung, dass auch zwei ältere Beobachtungen über den feineren Bau der Leber bei Muscheln hierher zu stellen seien und uns jetzt verständlicher werden. Heinrich Meckel[1]) nämlich theilt mit, dass bei Anodonta das Epithelium die Leberblinddärmchen nicht ringsum bekleide, sondern Längsstreifen frei lasse, allwo die Tunica propria unbekleidet sei. Er gibt davon eine Abbildung und erläutert diese „merkwürdige Anordnung des Epithels" noch näher. Nach meinem Dafürhalten sind die Streifen als Längslücken und Wurzeln der Lichtung in den einzelnen Blindschläuchen zu deuten. — Die andere Beobachtung bezieht sich auf Cyclas. Dort finden sich fadenförmige Gebilde zwischen den Leberzellen, von denen ich[2]) gezeigt habe, dass sie ein Secret vorstellen, welches sich in Räume oder Spältchen zwischen die Zellen abgeschieden hat. Betrachtet man die von mir gegebene Abbildung[3]), so darf angenommen werden, dass es sich um die gleichen Lückenräume handelt, welche bei den Kopfdrüsen der Schlangen sich finden und zum Unterschiede hier bei Cyclas nicht von flüssigem, sondern von einem festeren Secret erfüllt sich zeigen[4]).

4. Muskeln der Giftdrüse.

Auch in Anbetracht der contractilen Elemente lassen sich Vergleiche im Bau zwischen der Giftdrüse der Schlangen und

1) Mikrographie einiger Drüsenapparate der niederen Thiere, Archiv f. Anat. und Physiol. 1846, S. 10.

2) Ueber Cyclas cornea, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1855, S. 49.

3) a. a. O. Tab. VI, Fig. 9.

4) Mit grossem Interesse durchgehe ich eine eben aus dem Wiener physiologischen Institut erschienene Arbeit von Latschenberger: Ueber den Bau des Pancreas, Sitz.-Ber. d. Wiener Akad., Maiheft 1872. Der Verfasser bedient sich der Injectionsmethode und kommt bezüglich der Bauchspeicheldrüse zu dem Ergebniss, dass man es nicht mit radiären Canälen und Netzen von Canälen zu thun habe, sondern mit einem Netzwerk von Räumen zwischen den Epithelialzellen, in welche die Injectionsmasse eindringen könne. Man sieht, meine Untersuchungen, obschon ich mich der Injection nicht bediente, sondern nur der gewöhnlichen mikroskopischen Zergliederung, haben mich im Hinblick auf die Kopfdrüsen der Schlangen zu der gleichen Anschauung geführt.

jener der Arthropoden, sowie der Analdrüsen anstellen. Es wurde oben ausdrücklich bemerkt, dass die Giftdrüse keine „besondere" oder ihr eigene Muskelhülle habe, wohl aber eine solche von Seite der Beissmuskeln bekomme; es ist durchaus unrichtig, wenn Andere von Muskelfasern sprechen, welche „in die Hülle eingetragen" seien.

Bei meinen Studien über die Anatomie der Insecten hatte ich es als eine auffallende Erscheinung zu bezeichnen, dass der Giftbehälter der Biene (Weisel und Arbeitsbiene) ohne Muskelbeleg ist. Hier muss demnach ebenfalls die Entleerung durch die Lage des Behälters zur Musculatur der Umgebung bewirkt werden[1]). Anders bei der nahestehenden Wespe und Horniss; dort weist dasselbe Organ eine ihm eigens zugehörige starke Muskelhülle auf[2]).

Was die Schleim- und Speicheldrüsen anbelangt, so wurden von mir musculöse Elemente in ihrer Wand vermisst.

Anmerkung. An den Schweissdrüsen verschiedener Säugethiere habe ich eine besondere aus glatten Elementen bestehende Muskellage beschrieben[3]) und abgebildet[4]). Es ist nicht schwer, sich von ihrer Anwesenheit zu überzeugen; auch hat sie jüngst Schöbl[5]) bei Fledermäusen und dem Igel wieder gefunden[6]). — An den grösseren Hautdrüsen des Frosches hatten Hensche und ich längst die glatten Muskeln nachgewiesen[7]); Ciaccio[8]) erkannte sie zuerst auch an den kleinsten Drüsen, allwo ich sie später eben-

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 24.

2) ebendaselbst S. 26.

3) Ueber die äusseren Bedeckungen der Säugethiere, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859.

4) a. a. O. Taf. XX, Fig. 9 (Schweissdrüsen der Fledermaus).

5) Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 7, Bd. 8.

6) Der Verfasser einer »Erstlingsarbeit« über die Hautdrüsen einiger Säugethiere (Dorpater Inauguraldissertat. 1871) trägt vor Kurzem die Weisheit vor: »Ich muss die Existenz der glatten Muskelfasern in den Wänden der Schweissdrüsen sowohl und in den Analdrüsen, als auch sonst in der übrigen Haut durchaus in Abrede stellen.«

7) Histologie, 1857.

8) Interno alla minuta fabbrica della pelle della Rana esculenta, Palermo, 1867.

falls sah und von Bufo cinereus abbildete [1]); das Jahr zuvor [2]) beschrieb ich die Musculatur der Hautdrüsen des Erdmolches (Salamandra maculosa). — Bei diesen Untersuchungen stellte sich mir aber nach und nach die merkwürdige Thatsache heraus, dass die Lage glatter Muskeln keineswegs in der bindegewebigen Haut der Drüse, in ihrem Gerüst, sondern nach einwärts von dieser, zwischen ihr und dem Epithel, ausgebreitet sei. Bereits in meiner Arbeit über die Analdrüsen der Säugethiere [3]) hatte ich dies Verhalten wahrgenommen, aber beinahe misstrauisch gegen die eigene Beobachtung, blos gesagt: Die glatten Muskelfasern „scheinen" unmittelbar unter den Drüsenzellen zu liegen. Und so habe ich denn auch später in Wort und Bild [4]) die Muskellage der Schweissdrüsen nach aussen von der Tunica propria verlegt. Als ich dann nach längerer Unterbrechung die Hautdrüsen der Molche wieder aufnahm, überzeugte ich mich von der Richtigkeit meiner ersten Auffassung; ich veröffentlichte darüber das Einzelne und gab zur Versinnlichung des histologischen Baues auch den Querschnitt einer grossen Hautdrüse der Salamandra maculosa [5]). Auch liess ich nicht unerwähnt, dass ich mich jetzt „von diesem Lagerungsverhältniss bei verschiedenen Säugern, zuletzt noch an den Schweissdrüsen des Rindes überzeugt habe." Dass auch an den kleinsten Hautdrüsen der Batrachier dasselbe wiederkehre, wies ich mit Abbildungen an der gemeinen Kröte (Bufo cinereus) nach: die zu einer förmlichen Muskelhaut dicht zusammenschliessenden Faserzellen liegen nach innen von dem Epithel, zwischen diesem und dem bindegewebigen Gerüst [6]).

Von allen diesen meinen Mittheilungen hat, wie es scheint, der Verfasser eines aus dem physiologischen Institut der Wiener Universität hervorgegangenen Aufsatzes nichts gewusst, als er eine „regelmässige Längsfaserschicht, deren Elemente ganz organischen Fasern gleichen" unmittelbar hinter dem Cylinderepithel der Drüsen erkannte und sie „vorläufig" für Muskelfasern anspricht [7]).

1) Organe eines sechsten Sinnes. Nov. act. acad. Leop. Carol. 1868.

2) Die Molche der württemb. Fauna. Archiv f. Naturgesch. 1867.

3) Zeitschrift f. wiss. Zoologie, 1850.

4) Histologie, 1857, S. 74.

5) a. a. O. Molche d. württemb. Fauna, Tab. VI, Fig. 27.

6) a. a. O. (Organe eines sechsten Sinnes), Fig. 3.

7) Die Circumanaldrüsen des Menschen. Sitz.-Ber. d. Wiener Akad. Jahrg. 1871, math. naturwiss. Classe, II. Abth. S. 329.

Endlich sei noch bemerkt, dass ich bereits[1]) aus diesem Lagerungsverhältniss der Muskeln zu den Secretionszellen auf zwei Punkte hindeutete. Einmal, dass in morphologischer Hinsicht die Muskelzellen aus umgewandelten tiefsten Epidermiszellen hervorgegangen sein müssen; zweitens, dass in physiologischer Beziehung gewissen Zellen der Oberhaut ein stärkerer Grad von Contractilität allgemeiner zukommen möge, wofür z. B. auch die Gestaltveränderungen der verästelten Pigmentfiguren sprächen.

5. Nerven der Drüsen.

Was ich über diese Elemente, insofern sie zu unsern Drüsen Bezug haben, in Erfahrung bringen konnte, habe ich oben, hauptsächlich bei Coronella laevis, mitgetheilt. Man entnimmt daraus, dass ich nicht im Stande bin, die Pflüger'schen Angaben für die Schlangen zu bestätigen. Es ist mir gegangen wie manchem Andern, der sich vergeblich bemüht hat, die, wären sie richtig, so höchst bedeutsamen Erfunde des Physiologen in Bonn, sich zugängig zu machen. A. B. Meyer[2]) erklärt, er habe in den Giftdrüsen der Schlangen zwar breite, markhaltige Nervenfasern gesehen, allein ihre Endigungen nicht. Und er setzt ausdrücklich hinzu, dass er durch ausdauernde und mühsame Untersuchungen bestrebt gewesen sei, die Pflüger'schen Nervenendigungen genau nach seiner Vorschrift aufzufinden, allein mit durchaus negativem Erfolg. — Will man einwenden, dass die Darstellungen Pflüger's sich nicht auf die Speicheldrüsen der Schlangen, sondern der Säugethiere beziehen, so darf ich auf die ausführliche Abhandlung Sigm. Mayer's[3]) verweisen, welcher die Speicheldrüsen der Säuger offenbar gründlich und vorurtheilsfrei untersucht hat. Anstatt aber die fraglichen Angaben bestätigen zu können, sieht auch er sich genöthigt, die Hauptsachen, um welche es sich handelt, in Zweifel zu ziehen; „ich weiss keinen Grund hiefür anzugeben, warum ich Bilder, wie sie Pflüger abbildet, niemals an Osmiumsäurepräparaten gesehen habe", bemerkt unser Kritiker.

1) a. a. O. (Molche d. württ. Fauna, Separatausgabe) S. 89, Anmerkung.

2) Ueber den Giftapparat der Schlangen, Berlin 1869, S. 18.

3) Einige Bemerkungen über die Nerven der Speicheldrüsen, Archiv f. mikrosk. Anatom. 1870, Bd. 6, S. 100.

Gegenüber dem Mangel an Zustimmung von Seite deutscher Beobachter fühlt sich Prof. Pflüger vielleicht entschädigt durch den Beifall, welchen italienische Anatomen seinen „Entdeckungen" schenken. So theilt Prof. Panceri gelegentlich mit, dass ihm sein College Palladino die Pflüger'schen Angaben bekräftigt habe [1]); nicht minder gedenkt Prof. Todaro derselben in einer Weise, welche zeigt, dass er an ihrer Richtigkeit nicht zweifelt [2]).

Auf eine Widerlegung der Ansicht, dass die oben erwähnten, ein feines Lückensystem vorstellenden Streifen zwischen den Epithelzellen, Nervenenden seien, einzugehen, halte ich für überflüssig.

6. Lymphräume.

Sowohl die Speicheldrüsen, als auch die Giftdrüsen sind ganz oder theilweise von weiten Lymphbahnen umgeben. Dem, was oben über den Gegenstand bereits vorgebracht wurde, möchte ich an dieser Stelle noch hinzufügen, dass am Kopf der Vipera ammodytes die Haut sich in ähnlich lockerer und loser Weise herumschlägt, wie die Haut bei Fröschen und Kröten, so dass sie an genannter Schlange bis zur Nasenwarze aufhebbar ist. Durch die in solcher Art erzeugten Lymphräume erstrecken sich Scheidewände, welche bestimmte Linien einhalten; auf dem Hinterkopf z. B. entsteht ein mittlerer Strich mit nach hinten gewendetem Gabelende. Schon bei Vipera berus ist die Haut am Vorderkopf angeheftet und blos hinten frei. Endlich bei den ungiftigen Arten schliesst sich die äussere Haut am ganzen Scheitel und Hinterhaupt fest an. — Bei Tropidonotus natrix sehe ich nach oben und einwärts vom Auge, sowie unter dem Auge weite Lymphbahnen herumziehen, in denen man auch noch durch den Weingeist geronnene Lymphe in grösserer Menge antreffen kann.

Blickt man auf die nähere Beschaffenheit dieser Lymphräume, so erstrecken sich ausser den grossen Scheidewänden noch feinere

1) »Le ricerche di Pflueger, le quali mi è noto aver confermate il collega Prof. Paladino etc.«, Bulletino dell' associazione dei naturalisti e medici per la mutua istruzione. Napoli, Luglio 1871, p. 83.

2) Sulla struttura dei plessi nervosi. Prolusione al corso d'anatomia descrittiva nella università di Roma, 1872, p. 10.

und feinste, säulchenartige Bindegewebsstränge durch die Hohlgänge. Die Säulchen sind aussen umkleidet von jenem zarten Epithel, wie man es aus solchen Orten kennt. Am Hinterkopf der Sandviper sehe ich ferner, ganz ähnlich wie am Rücken der Frösche, feine Nerven durch die Lymphbahnen zur Haut treten; sie selber und die begleitenden Blutgefässe liegen dann im Inneren eines solchen, jetzt längeren, bindegewebigen, von Epithel überzogenen Stranges. Und ähnlich wie bei Fröschen an gleicher Stelle eine innere helle Zone sich von der lockeren Umhüllung deutlich abhebt, so auch hier bei den Schlangen. Ich habe schon oben bei Coronella laevis, als von den Lymphräumen die Rede war, welche die Lippendrüsen umgeben, bemerkt, dass ich die innere helle die Nervenfasern umziehende Zone einem Lymphraume vergleiche, obschon ich beisetzen will, dass ich bisher niemals Lymphkügelchen darin wahrgenommen habe.

Innerhalb der Räume kann endlich auch lymphdrüsenartige Substanz sich entwickeln. So sah ich bei Vipera ammodytes eine solche in Form einer weichen weissgrauen Masse mitten auf dem Schädel, die, indem sie weiter sich ausdehnte, hiebei in Inseln zerfiel. Die gleiche Substanz liess sich schon ohne Mikroskop in dem das Auge umziehenden Lymphraum erkennen (Tropidonotus natrix, Vipera berus). Histologisch geprüft bestand die Masse immer aus einem feinfaserigen Fachwerk mit eingelagerter dicht feinkörniger Substanz, der auch — um den Augapfel bei V. ammodytes herum — Fettmolecule und selbst grössere Fettpünktchen beigemischt sein konnten.

Ich habe bereits an einem anderen Orte[1]) in Erinnerung zu bringen mir erlaubt, dass die lymphdrüsenartige Substanz längst von mir wahrgenommen und in ihrer Bedeutung erkannt worden war, ehe sie von Anderen zum zweitenmal „entdeckt" und mit neuen Namen eingeführt wurde. Auch die „weiche pulpöse Masse", welche ich seiner Zeit[2]) aus der Schädelcapsel des Störs beschrieb und schon damals den Lymphdrüsen anreihte, gehört hierher.

Anmerkung. Die Lymphbahnen der Reptilien (und wohl der Wirbelthiere überhaupt) gemahnen in ihrem Bau lebhaft an die Blutlacunen der Wirbellosen, insbesondere der Arthropoden. Hier wie dort handelt es sich um Räume in der Bindesubstanz. Bei ersteren

1) Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier, 1872, S. 9.

2) Anat. histol. Untersuchungen über Fische und Reptilien, 1853, S. 5.

durchspannen derbere Säulchen oder Balken die Hohlgänge und halten die Hauptblätter der Lymphbahnen zusammen; bei den Arthropoden treten als gleichwerthige Bildungen die „säulenartigen Commissuren“ oder „Stützbalken“ auf, welche ich von verschiedenen Thieren dieser Gruppe beschrieben habe[1]).

IV. Deutung der einzelnen Drüsenpaare.

1. Glandulae labiales.

Man hielt bekanntlich ehemals die kleinen Drüsen, welche bei Säugethieren und dem Menschen in der Schleimhaut der Lippen, der Backen, des Gaumens vorkommen, ebenso gut für „Speicheldrüsen“, als die Ohr-, die Unterkiefer- und die Zungendrüse. Nach und nach aber wurde man auf gewisse Unterschiede aufmerksam, wesshalb man die ersteren von den Speicheldrüsen trennte und als Schleimdrüsen bezeichnete. Unseren Tagen war es vorbehalten, durch die genauere Untersuchung der histologischen Beschaffenheit der drüsigen Elemente den Nachweis zu liefern, dass die Glandula Parotis allein die eigentliche oder specifische Speicheldrüse sei, hingegen die Glandula submaxillaris und die Gl. sublingualis zu den Schleimdrüsen gehören. Die Auffassung in der Gegenwart nimmt somit eine Mittelstellung ein zwischen der Weise, wie die früheste Zeit die fraglichen Drüsen ansah und wie man sie später ordnete.

Ich habe vor längerer Zeit die Speicheldrüsen der Insecten einer näheren Prüfung unterworfen und erlaube mir desshalb daran zu erinnern, weil dort, wenn mehrere Paare bei einem und demselben Thiere vorkommen, die „Speicheldrüsen“ alsdann in Form und Structur ganz verschieden von einander sind. Die Sonderung, welche somit bei Wirbelthieren erst nach und nach erkannt wurde, ist für die Insecten bereits vor Jahren von mir in bestimmter Weise nachgewiesen worden[2]).

Dass nun die unter dem Namen „Kopfdrüsen“ zusammenge-

1) z. B. aus den Flügeldecken der Käfer, Archiv f. Anat. u. Phys. 1855, S. 386; von Krebsen, Naturgesch. d. Daphniden, S. 18, S. 57.

2) Zur Anatomie der Insecten, Archiv f. Anat. u. Phys. 1859, S. 27.

fassten und oben nach ihren Einzelheiten erörterten Organe der Schlangen keineswegs von gleicher, sondern von verschiedener Natur sind, kann nicht bezweifelt werden. Schon Rudolphi[1]) scheidet sie in Schleimdrüsen und Speicheldrüsen. Zu den ersteren rechnet er die Kieferdrüsen, zu den letzteren die Giftdrüsen. Ebenso erklärt sich Meckel[2]) dahin, dass die Kieferdrüsen den Lippen- und Wangendrüsen entsprechen, die Giftdrüse aber nach Lage und Einmündung die Parotis der Säuger wiederhole. Die Unterzungendrüsen den gleichnamigen der höheren Wirbelthiere an die Seite zu stellen, konnte man als selbstverständlich annehmen.

Da bald die Bezeichnung „Kieferdrüsen", bald jene von „Lippendrüsen" für die Schleimdrüsen der Schlangen beliebig gebraucht wird, so möchte es nicht überflüssig sein, darauf hinzuweisen, dass die „Oberkieferdrüsen" doch nur den Lippen-, Wangen- und Jochgrubendrüsen der Säuger vergleichbar sind. Ferner, dass die „Unterkieferdrüse" nicht auf die Glandula submaxillaris der Säuger bezogen werden könne, sondern wieder lediglich auf die Glandulae labiales. Die Glandula submaxillaris der Säuger hat ihre Lage im Intermaxillarraum; die Drüsen der Schlangen liegen nach aussen von den Kiefern. Die Glandula submaxillaris der Säuger besitzt einen einzigen Ausführungsgang (Ductus Whartonianus); die Drüsen der Schlangen, gleich den Lippendrüsen der Säuger, zeigen eine ganze Anzahl von Ausführungsgängen. Die besondere, abgegrenzte Partie dieser Drüsen an der Schnauze der Schlangen kann man gewissen ähnlich entwickelten Partien bei Säugern, z. B. der Flotzmauldrüse des Rindes, vergleichen. Aus solcher Erwägung der Verhältnisse geht aber hervor, dass die Meckel'sche Benennung: „Lippendrüsen" die richtigere ist, und man daher den Namen „Kieferdrüsen" einziehen sollte.

2. Glandulae linguales.

Die Zungendrüsen der Schlangen liegen wie diejenigen der Säugethiere im Intermaxillarraum: Die vordere paarige lässt sich etwa jener vorderen Zungendrüse verschiedener Säuger vergleichen, welche (z. B. beim Rind, Schwein) mit einem einzigen Gang (Ductus Bartho-

1) Grundriss der Physiologie, 1830, S. 53.

2) Archiv f. Anat. u. Phys., 1826 u. System d. vergl. Anat, Bd. IV, 1829.

lini) ausmündet; bei den Schlangen sind zwar mehrere Gänge vorhanden, sie münden aber sehr nahe beisammen auf einem muscheligen Vorsprung. — Die unpaare hintere Drüse könnte man, wenn wir überhaupt die ganze Betrachtungsweise für zulässig halten, der ebenfalls hintern Partie der Säuger, welche zahlreiche Ausführungsgänge (Ductus Rivini) hat, entsprechen lassen.

Bemerkung. Bei den Batrachiern ist aus der Gruppe der Lippendrüsen blos die von mir beim Frosch [1]), Triton und Salamander [2]) aufgefundene Schnauzendrüse vorhanden, welche ihr Gegenüber in der Glandula rostralis der Schlangen hat.

Die einheimischen Saurier, Lacerta und Anguis, haben keine Oberlippendrüsen, wohl aber die Unterlippendrüse, welche bei Anguis entwickelter ist als bei Lacerta. — Die Unterzungendrüse, in den beiden Gattungen vorhanden, scheint der vordern oder paarigen Zungendrüse der Schlangen zu entsprechen.

3. Glandula nasalis.

Die Nasendrüse der Schlangen ist offenbar dieselbe Bildung, welche man unter gleichem Namen bei Vögeln und Sauriern kennt. Ich habe sie von Lacerta und Anguis beschrieben [3]).

4. Glandula venenata.

Von besonderer Wichtigkeit bleibt die Frage, wie morphologischerseits die Giftdrüse anzusehen sei. Meckel liess es sich schon sehr angelegen sein, hierüber ins Klare zu kommen. Man gewahrt aus seinen Darlegungen, dass er bereits nahe daran war, die Giftdrüse als „Modification der Lippendrüse" anzusehen und davon abzuleiten; hätte er den Bau der Oberlippendrüse etwa von unserer Ringelnatter genauer gekannt, als es bei ihm der Fall war, so würde er sicher zu den gleichen Schlüssen geführt worden sein,

1) Anat. histol. Unters. üb. Fische u. Reptilien, Berlin 1852, S. 36.
2) Molche der württ. Fauna, Berlin 1867, S. 10.
3) Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier, S. 95.

wie sie gegenwärtig von mir gezogen werden. „Man kann daher nur sagen — lässt er sich vernehmen — dass sich die Giftdrüse auf Kosten der übrigen, besonders der Lippendrüsen entwickelt, weil die Function reichlich durch sie ersetzt wird.“ Und so stellt Meckel als Erfund seiner Untersuchungen weiter auf: „Die Giftdrüse ist in der That eine eigene, den übrigen, nicht giftigen Ophidiern fehlende Drüse.“ Diesem Ausspruch des berühmten Anatomen gegenüber darf man jetzt behaupten: die Giftdrüse ist keine eigene Drüse, sondern Umbildung eines besonderen Lappens der Oberlippendrüse, und kommt in dieser Form auch den einheimischen, nicht giftigen Schlangen zu. Mit anderen Worten: die Gruppe der Schlangen, welche man als Ophidia suspecta zwischen die giftigen und giftlosen zu stellen pflegt, geht ganz unmerklich in die Ophidia innocua über.

Dieses Ergebniss meiner Untersuchungen erweitert die Arbeiten Schlegel's und Duvernoy's und bringt Zusammenhang in das bisher Beobachtete.

Bevor die Abhandlung [1]) des Ersteren erschienen war, wurden bekanntlich die Schlangen gewöhnlich in zwei grosse Abtheilungen zerlegt, von welchen die erste die unschädlichen, die zweite die giftigen enthielt und es schien die Grenze zwischen beiden sehr scharf zu verlaufen. Da entdeckten Reinwardt und Boje an den Arten von Dipsas und Homalopsis (früher Coluber) die Furchenzähne am Ende der Oberkinnlade, und Schlegel, dadurch aufmerksam gemacht, fand bei diesen Schlangen „eine eigene Drüse, ganz von der Beschaffenheit als die gewöhnlichen Speicheldrüsen der nicht giftigen Schlangen und am vorderen Ende durch Zellgewebe genau mit der gewöhnlichen Speicheldrüse verbunden, aber leicht von ihr zu trennen.“ Uebrigens getraute sich Schlegel noch nicht zu entscheiden, ob die Giftdrüse (der Giftschlangen mit durchbohrten Zähnen) eine eigene, den übrigen Ophidiern fehlende Drüse sei und „ob man nicht vielleicht in der grossen für den hinteren gefurchten Zahn bestimmten Drüse ein Analogon der Giftdrüse finden könne?“

In seinem späteren grösseren Werk über die Schlangen [2]) scheint unser Forscher von dem Gedanken, dieser Lappen der Oberlippendrüse sei nicht blos physiologisch, sondern auch in morphologischer

1) Untersuchungen üb. die Speicheldrüsen der Schlangen, Nov. act. acad. Leop. Carol. 1828.

2) Physionomie des Serpens, La Haye, 1837.

Hinsicht der Giftdrüse gleichzustellen, wieder abgekommen zu sein; denn er nennt die Giftdrüse der hohlzahnigen Schlangen „une glande toute particulière“ und handelt ohne weitere Nebenbemerkung die mit den Furchenzähnen in Beziehung stehende Drüse bei den „glandes salivaires, qui garnissent les mâchoires“ ab.

Duvernoy[1]) war im Stande, nachzuweisen, dass auch noch andere bisher zu den „Couleuvres innocentes“ gerechneten Arten die obige Drüse besitzen; doch drückt auch er sich nicht bestimmt darüber aus, wie er diesen besonderen Lappen der Oberlippendrüse angesehen wissen will. Er nennt die eine wie die andere Giftdrüse und hebt hervor, dass gleich der Drüse bei den hohlzahnigen Schlangen, auch die Drüse der furchenzahnigen Thiere von weicher, schwammiger Natur sei, wenig gelappt und nicht körnig wie die gewöhnlichen Speicheldrüsen. Der Unterschied zwischen beiden bestehe darin, dass die Giftdrüse der hohlzahnigen durch Abänderung eines Theils der Beissmuskeln (temporale anterieur) den contractilen Ueberzug bekomme, was bei der Drüse der furchenzahnigen nicht der Fall sei.

An dem, was die einheimischen giftlosen Schlangen hinsichtlich ihres Speichelapparates darbieten, sehen wir bereits die Anfänge jener Bildung, welche bei den Ophidia suspecta sich weiter sondert, um zuletzt bei den Ophidia venenata die echte Giftdrüse entstehen zu lassen. Wir treffen zuerst auf grössere Zähne am hinteren Ende der Oberkinnlade und über ihnen eine Partie der Oberlippendrüse, welche sich in Farbe und äusserer Gliederung, sowie durch einen einzigen Ausführungsgang, endlich durch abweichende histologische Beschaffenheit, wesentlich vom übrigen Theil der Oberlippendrüse unterscheidet. Dieser Abschnitt der Glandula labialis superior entspricht zweifellos der von Schlegel und Duvernoy an Schlangen mit Furchenzähnen beschriebenen Drüse. Und wir dürfen den Schluss, dass auch die Glandula venenata der hohlzahnigen Schlangen das Homologon dieser Drüse sei, um so sicherer ziehen, als die histologischen Eigenschaften der Secretionszellen dieser drei Drüsen andere sind, als diejenigen der Schleimdrüsen. In physiologischer Hinsicht stimmen sie darin überein, dass ihr Secret eine verdauende, in höherem Grade stark zersetzende (vergiftende) Wirkung auf andere thierische Organismen ausübt.

1) Ann. d. sc. nat. 1832.

Und bringen wir nun weiterhin alle die verschiedenen morphologischen und physiologischen Thatsachen, wie sie im Voranstehenden zur Sprache kamen, in gebührende Erwägung, so müssen sie uns in der Ansicht bestärken, die Giftdrüse, wie schon Rudolphi und Meckel wollten, der Parotis zu vergleichen; jedoch mit der wesentlichen Ergänzung, dass die gleiche Drüse von den hohlzahnigen Schlangen an, durch die furchenzähnigen hindurch, bis in die Reihen der Schlangen mit einfachen (soliden) Zähnen sich erstreckt.

Es gehen bekanntlich bisher die Meinungen sehr darüber auseinander, ob die Schlangen mit nur gefurchten Zähnen wirklich giftig sind; verschiedene Autoren sprechen sich geradezu dahin aus, dass sie unschädlich seien. Wenn wir nach Obigem wahrnehmen, dass auch die von je als unschädlich geltenden Arten das zweifellose Homologon der „Giftdrüse" der Schlangen mit Furchenzähnen besitzen, so wird nach anatomischen Gründen, wenn wir von der Furche absehen, wahrscheinlich, dass die Ophidia suspecta im Allgemeinen unschädlich seien. Aber bis zu welchem Grade im Einzelnen, kann doch nur durch den Versuch am lebenden Thier ermittelt werden; denn es mögen hier Abstufungen in der Wirkung des Secretes sich finden, wie bei anderen thierischen Giften.

5. Glandula membranae nictitantis.

In Rede stehende Drüse wurde bisher allgemein als Thränendrüse, Glandula lacrimalis, bezeichnet, eine Deutung, welche ich durchaus bestreite. Ich muss das Organ vielmehr für das Homologon der Nickhautdrüse (Harder'sche Drüse) der Vögel und Säugethiere erklären.

Die Drüse mündet bei den Schlangen an einer niederen Falte der Bindehaut im inneren Augenwinkel, an der Stelle, wo sich bei den Sauriern ein drittes Lid, die Nickhaut, erhebt. Ich habe erst vor Kurzem wieder unsere beiden einheimischen Gattungen von Sauriern, Lacerta und Anguis, auf die Ausmündung der Drüse untersucht, um die Lücke auszufüllen, welche ich bezüglich dieses Punktes in meiner Schrift über die Eidechsen lassen musste. Die Frage zu beantworten ist übrigens schwieriger, als man von vornherein denken sollte. Bei Lacerta und Anguis kommt in der Nickhaut eine von mir aufgefundene Knorpelspange vor und zwei pigmentirte Leisten,

welche der äusseren Fläche des Lids angehören; das vordere Ende der Nickhautdrüse liegt zwischen dieser Spange und den Leisten. Dort glaube ich nun, und zwar an der inneren Fläche der Nickhaut, eine verhältnissmässig weite Oeffnung zu erblicken, mit welcher der kurze, bis nahe zur Mündung mit Drüsenkanälchen besetzte Ausführungsgang aufhört[1]). Auch meine ich eine dreieckige klappenartige Erhebung der Haut am Rande der Oeffnung zu unterscheiden. Die Kürze des Ganges, die Dünnheit seiner Wandung und die Weite der Oeffnung machen, dass man bei der gewöhnlichen Art der Untersuchung mittelst des zusammengesetzten Mikroskops die Ausmündung leicht übersehen kann.

Die Mündungsstelle der Gl. Harderiana an der Innenseite der Nickhaut hat Joh. Müller bei der Gans und dem Hasen dargestellt[2]); hingegen beschränkt er sich bezüglich der Drüse der Schlangen auf die Worte: „Ophidiis quoque glandula lacrymalis lobata est, attamen internam fabricam non potui extricare.“ Die gleiche Drüse der Riesenschildkröte hat derselbe Forscher mit grosser Sorgfalt untersucht, worauf oben mehrfach Bezug genommen wurde; aber über die Stelle, wo die Drüse mündet, schweigt er abermals. Nach meinen Untersuchungen hat die Drüse bei den Schlangen am gleichen Orte wie bei Lacerta und Anguis, doch ohne dass die Knorpelspange zugegen wäre, ihre Oeffnung.

6. Glandula lacrimalis.

Ich glaube annehmen zu müssen, dass die eigentliche, im äusseren oder hinteren Augenwinkel über dem Augapfel gelagerte Thränendrüse, wie ich sie von Lacerta und Anguis angezeigt habe, den bisherigen Beobachtern unbekannt geblieben ist. Denn sonst wäre es unmöglich gewesen, dass sie, die Nickhautdrüse für die Thränendrüse ausgebend, bis zur Stunde sagen können, die Thränendrüse der Schlangen sei von besonderer Entwicklung.

Bei den einheimischen Schlangen vermisse ich jede Spur der Thränendrüse. Unsere Thiere besitzen nur die Nickhautdrüse und auf diese passt die Angabe, dass sie eine bedeutende Ausdehnung erreiche.

---

1) Fig. 31.

2) Gland. secernent. struct. penit. Tab. V, Fig. 6, 7.

Zu dem, was ich bereits früher über die Thränendrüse der Eidechse angegeben, füge ich noch bei, dass man am hinteren oberen Augenwinkel die Glandula lacrimalis, trotz aller Kleinheit, doch als deutlich abgegrenztes Läppchen von weissgrauer Farbe unschwer wahrzunehmen vermag[1]). Für die nähere Untersuchung empfiehlt es sich indessen, frische Thiere zu wählen, während an solchen, die in Weingeist gelegen, der histologische Bau etwas verwischt ist und man bei Anwendung des Mikroskops beinahe Zweifel empfinden kann, ob die Deutung des Läppchens als Thränendrüse auch wirklich richtig sei.

Hat man hingegen das aus dem eben getödteten Thiere genommene, eine Linie lange und eine halbe Linie breite, nicht eigentlich gelappte, doch etwas eingekerbte Organ[2]) vor sich, so sieht man die Drüsenbälge und ihr Epithel sehr rein und schön; auch stellen sich erstere noch gerne von den Blutcapillaren umsponnen dar. Und was den Ausführungsgang betrifft, über den ich mich früher nicht ausgelassen, so ist eine ganze Anzahl von Mündungsstellen vorhanden: ich zähle deren wenigstens sechs. Es ist hiebei nothwendig, dass die Drüse für den Beschauer günstig liegt, denn es können gar leicht durch Faltung der Conjunctiva die Oeffnungen verdeckt sein. Die Ausführungsgänge sind contractil, wovon man sich dadurch überzeugt, dass man die aus dem frischen Thiere genommene Drüse, allwo die Oeffnungen alsdann weit und klar sich zeigen, längere Zeit im Auge behält: es schliessen sich die Mündungen nach und nach so zu, dass man sie kaum mehr zu erkennen im Stande ist. Ich denke mir, dass die glatte Musculatur[3]), welche an die Lider sich ansetzt und von der ich auch anderwärts gehandelt, mit einem Theil ihrer Fasern die Gänge umspinnt.

Bei der Blindschleiche[4]) ist die Thränendrüse grösser als bei der Eidechse, dabei von rundlich eckiger Form. Da die Nickhautdrüse ebenfalls stärker ist, als bei Lacerta, so liegt das Ende der letzteren unmittelbar unter der Thränendrüse, doch deutlich von ihr gesondert. Beide Organe zeigen sich auch schon für die Lupe von einander merklich verschieden: die Thränendrüse ist von

1) Fig. 16, a.
2) Fig. 25.
3) Fig. 25, b.
4) Fig. 15, a.

leicht höckriger Oberfläche und ihre Farbe sticht etwas ins Gelbliche, die Nickhautdrüse erscheint völlig glatt und von rein weisser Farbe. Was den Bau und insbesondere das Verhalten der Ausführungsgänge betrifft, so sehe ich dasselbe, was ich über diesen Punkt von Lacerta angegeben.

Noch ist zum Schlusse in geschichtlicher Beziehung zu gedenken, dass an den Krokodilen Rathke[1]) die Anwesenheit der Thränendrüse sowohl wie der Nickhautdrüse nachgewiesen hat. Die Thränendrüse sei kleiner und schwierig aufzufinden. Von der Harder'schen Drüse sagt er bezüglich ihrer Ausmündung: „aus ihrem nach aussen und vorn gerichteten breiten Ende oder der Basis sendet sie einige in einer Reihe liegende kurze und zarte Ausführungsgänge aus, die sich nach innen von dem angehefteten Rande der Nickhaut, also zwischen dieser und dem Augapfel münden." Ich muss es einstweilen dahin gestellt sein lassen, ob Rathke richtig gesehen hat, wenn er der Drüse mehrere Oeffnungen zuertheilt.

Tübingen, Ende December 1872.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXII.

Fig. 1 bis 9, dann Fig. 15 u. 16 unter Lupenvergrösserung.

Fig. 1. Seitentheil des Gesichtes von Tropidonotus natrix.
- a. Nickhautdrüse (Thränendrüse der Autoren),
- b. Nasendrüse,
- c. Oberlippendrüse,
- d. besondere gelbliche Partie der Oberlippendrüse (Homologon der Giftdrüse der Vipern).

Fig. 2. Gegend der Unterkinnlade und des Bodens der Rachenhöhle von Tropidonotus natrix.
- a. Unterlippendrüse,
- b. vordere Unterzungendrüse,
- c. hintere Unterzungendrüse.

1) Untersuchungen über die Entwickelung und den Körperbau der Krokodile. Braunschweig, 1866.

Fig. 3. Theil des Gesichtes hinter und unter dem Auge von Tropidonotus tessellatus.
a. Nickhautdrüse,
b. Oberlippendrüse.

Fig. 4. Gesichtsgegend hinter dem Auge von Coluber viridiflavus.
a. Nickhautdrüse,
b. Oberlippendrüse.

Fig. 5. Gesichtsgegend hinter dem Auge von der schwarzen Varietät (Var. carbonarius) der Coluber viridiflavus.
a. Nickhautdrüse,
b. Oberlippendrüse.

Fig. 6. Gesichtsgegend hinter dem Auge von Coronella laevis.
a. Nickhautdrüse,
b. Oberlippendrüse.

Fig. 7. Gesichtsgegend hinter und unter dem Auge von Vipera berus.
a. Nickhautdrüse,
b. Giftdrüse nach Entfernung der Muskelhülle,
c. Oberlippendrüse,
d. Jochband.

Fig. 8. Gesichtsgegend hinter und unter dem Auge von Vipera berus.
a. Nickhautdrüse,
b. der die Giftdrüse umhüllende Muskel,
c. Jochband.

Fig. 9. Gesichtsgegend hinter und unter dem Auge von Vipera ammodytes.
a. Nickhautdrüse,
b. die in ihrer Umhüllung liegende Giftdrüse,
c. Ausführungsgang der Giftdrüse,
d. Jochband.

Fig. 10. Längsschnitt durch einen Lappen der Giftdrüse von Vipera berus, geringe Vergrösserung.
a. derbe bindegewebige Hülle,
b. Lymphräume,
c. Drüsenschläuche.

Fig. 11. Querschnitt durch das Stück eines Lappens, stärker vergrössert.
a. bindegewebiges Gerüst von Schläuchen, deren zelliger Inhalt abgespült ist; an zwei Stellen sieht man Blutcapillaren,
b. noch mit Zellen ausgekleidete Schläuche.

Fig. 12. Schnitt durch ein Stück der Giftdrüse im »geladenen« Zustande von Vipera berus, stark vergrössert.
a. derbe Hülle,
b. Lymphräume; ausser einigen Lymphkügelchen ist noch der Durchschnitt eines Nerven, einer Arterie und Vene wahrzunehmen.
c. Epithel der Drüsenschläuche.

Fig. 13. Einige Schläuche der Giftdrüse von Vipera berus im Querschnitt,

starke Vergrösserung, um die von der Lichtung des Schlauches zwischen die Zellen sich fortsetzenden Intercellulargänge zu veranschaulichen.

Fig. 14. Vom vorderen Ende des Bodens der Mundhöhle von Tropidonotus natrix. Geringe Vergrösserung.
a. Verbindungsbogen der Unterlippendrüse,
b. die vorderen oder paarigen Unterzungendrüsen,
c. ihre Mündungen in muschelförmigen Vorsprüngen,
d. Muskeln, welche sich an die Drüse heften und zum Theil umhüllen; an der Drüse der rechten Seite erscheint die Muskelhülle im optischen Schnitt;
e. hintere oder unpaare Unterzungendrüse,
f. die beiden Zungenspitzen.

Fig. 15. Kopf von Anguis fragilis im Umriss; aus der Augenhöhle sind der Augapfel, Muskeln, Nerven und Gefässe entfernt.
a. Thränendrüse,
b. Nickhautdrüse.

Fig. 16. Kopf von Lacerta agilis, in gleicher Weise behandelt.
a. Thränendrüse,
b. Nickhautdrüse.

Tafel XXIII.

Fig. 17. Von der gelblichen Partie (Fig. 1, d) der Oberlippendrüse des Tropidonotus natrix, im Querschnitt. Mässige Vergrösserung. Die Zellen sind dunkel erfüllt.
a. Lichtung des Ausführungsganges eines Läppchens.
Nebenan die Epithelzellen für sich mit sich vermehrenden Kernen.

Fig. 18. Kleineres Stück derselben Drüsenpartie, stark vergrössert. Die strahligen, sich netzförmig verbindenden Linien in den hellgelassenen Schläuchen bezeichnen die Intercellulargänge.

Fig. 19. Von der grauen Partie (Fig. 1, d) der Oberlippendrüse des Tropidonotus natrix im Querschnitt. Mässige Vergrösserung.
Die Zellen sind von heller Beschaffenheit.

Fig. 20. Vom vorderen abgeschnürten Ende (Schnauzenpartie) der Oberlippendrüse des Tropidonotus natrix. Mässige Vergrösserung. Zeigt die Art der Verzweigung der Drüsengänge.

Fig. 21. Freier Rand der Oberlippendrüse von Coronella laevis nach Behandlung mit Kalilauge; starke Vergrösserung.
a. bindegewebiger Balken, den die Drüse umgebenden Lymphraum durchsetzend; die geschlungenen Linien im Inneren sind elastische Fasern.
b. Drüsenbälge; im Zwischenbindegewebe verbreiten sich auch hier die elastischen Fasern.

Fig. 22. Ebenfalls vom freien Rande derselben Drüse und desselben Thieres (Coronella laevis).
a. Nervenfasern, welche in bindegewebigen Balken durch den Lymphraum herüber zur Drüse gelangen.

Fig. 23. Aus dem Querschnitt der Oberlippendrüse von Coronella laevis nach Behandlung mit Osmiumsäure und starker Vergrösserung.
a. Lichtung der Drüsenbälge,
b. davon ausgehende Intercellulargänge,
c. Nervenfasern,
d. (neben an) die regelmässige, in Querreihen stehende Körnelung der Secretionszellen.

Fig. 24. Von demselben Präparat eine andere Stelle mit zwei Nervenfasern und deren anscheinendem stumpfen Ende.

Fig. 25. Thränendrüse von Lacerta agilis bei mässiger Vergrösserung.
a. Ausführungsöffnungen,
b. glatte Muskeln, welche an die Drüse herangehen.

Fig. 26. Zeigt die Form der Nickhautdrüse und ihr Grössenverhältniss zum Augapfel von Tropidonotus natrix, mit der Lupe vergrössert.
a. Nickhautdrüse.
b. Augapfel.

Fig. 27. Nickhautdrüse von oben aus demselben Thier und unter gleicher Vergrösserung.

Fig. 28. Stück der Nickhautdrüse von Tropidonotus natrix, aufgehellt und sehr schwach vergrössert, um das Verhalten des Ausführungsganges darzustellen.

Fig. 29. Stück der Nickhautdrüse von Coluber carbonarius (viridiflavus), im Querschnitt und stärker vergrössert.
a. Drüsenschläuche,
b. Nerv,
c. Blutgefässe (Arterien und Venen).

Fig. 30. Einzelner Schlauch aus der Nickhautdrüse im Querschnitt, stark vergrössert, um die von der Lichtung zwischen die Zellen sich erstreckenden Gänge zu zeigen.

Fig. 31. Mündungsstelle der Nickhautdrüse von Anguis fragilis; mässig starke Vergrösserung.
a freier Rand der Nickhaut,
b. Nickhautknorpel,
c. Mündung der Drüse.

Fig. 32. Von der hinteren Unterzungendrüse der Vipera ammodytes, um darzuthun, wie die Schläuche für sich ausmünden.

Fig. 33. Stück des Querschnittes einer der vorderen Unterzungendrüse von Tropidonotus natrix; starke Vergrösserung.
a. Drüsenschläuche,
b. dickes, die härtliche Beschaffenheit der Drüse bedingendes Bindegewebe zwischen den Schläuchen.

Inhalt.

I. Giftlose Schlangen.

1. Ringelnatter (Tropidonotus natrix). Seite:
   a. Oberlippendrüse 599
   b. Unterlippendrüse 604
   c. Nasendrüse 605
   d. Vordere Unterzungendrüse 606
   e. Hintere Unterzungendrüse 608
   f. Nickhautdrüse 609
2. Würfelnatter (Tropidonotus tessellatus).
   a. Lippendrüsen 611
   b. Nickhautdrüse 612
3. Glatte Natter (Coronella laevis).
   a. Lippendrüsen 612
   b. Nickhautdrüse 614
4. Aesculapsschlange (Coluber viridiflavus) 615
5. Aesculapsschlange (Coluber viridiflavus, var. carbonarius) . . 616

II. Giftschlangen.

1. Kreuzotter (Vipera berus).
   a. Lippendrüsen 617
   b. Zungendrüsen 618
   c. Nickhautdrüse 618
   d. Giftdrüse 619
2. Sandviper (Vipera ammodytes) 627

III. Allgemeines über den Bau.

1. Umriss und Gliederung der Kopfdrüsen 629
2. Giftgang. — Giftbehälter 631
3. Intercellularcanäle 632
4. Muskeln der Giftdrüse 633
5. Nerven der Drüsen 636
6. Lymphräume 637

IV. Deutung der einzelnen Drüsenpaare.

Seite:

1. Glandulae labiales 639
2. Glandulae linguales 640
3. Glandula nasalis 641
4. Glandula venenata 642
5. Glandula membranae nictitantis 644
6. Glandula lacrimalis 645

Erklärung der Abbildungen. 647

Ueber die Drüsen des Nierenbeckens.

Von

Th. Egli,

Assistent am patholog. Institut in Zürich.

Hierzu Taf. XXIV.

Die Angaben über die Structur der Schleimhaut des Nierenbeckens resp. über das Vorkommen von Drüsen in derselben lauten sehr verschieden.

Während Frank (Anatomie der Hausthiere) beim Pferde nur einfache Schleimhautfalten daselbst findet, behaupten Paladino und Sertoli[1]) das Vorkommen zahlreicher zur acinösen Formation gehöriger Schleimdrüsen im Nierenbecken dieses Thieres.

Die Mucosa des Nierenbeckens vom Menschen nennt Koelliker drüsenlos. Andere Anatomen bestätigen diese Angabe oder berühren den Gegenstand überhaupt nicht.

Kürzlich hat Unruh[2]) zuerst Drüsen in der Schleimhaut des menschlichen Nierenbeckens beschrieben. Doch glaubt er, solche allerdings nur in einem Falle gesehen zu haben.

Diese Widersprüche einerseits und die Unsicherheit anderseits haben mich veranlasst, die Schleimhaut des Nierenbeckens einer eingehenderen Untersuchung zu unterwerfen.

1) Centralbl. f. d. medic. Wissensch., 1872, Nr. 2.

2) Ueber Blutungen in Nierenbecken und Ureteren bei Pocken. Archiv für Heilkunde, 1872, 5. Heft, S. 289.

Zu diesem Zwecke habe ich das Nierenbecken des Rindes, Schweines, Pferdes und Menschen in Angriff genommen.

Die Wand des Nierenbeckens besteht durchweg aus einer binde, gewebigen Adventitia, einer äussern quer- und einer inneren längsverlaufenden Schicht glatter Muskelfasern und aus der Schleimhaut. Differenzen ergeben sich besonders in Bezug auf Letztere.

Die Nierenbeckenschleimhaut des Rindes ist dünn und glatt, mit einem mehrschichtigen Epithelium versehen, dessen untere Zellen cylindrisch und kegelförmig, während die oberflächlichen mehr polygonal sind. Sie ist drüsenlos; wenigstens konnte ich an einigen hundert Schnitten keine Drüsen entdecken.

Die Nierenbeckenschleimhaut des Schweines unterscheidet sich von der des Rindes nur in den unwesentlichen Punkten, dass sie ziemlich gefaltet ist und ein etwas dickeres Epithelium besitzt.

Das Nierenbecken des Pferdes enthält eine grosse Menge gelben von massenhaft abgestossenen Epithelien durchsetzten undurchsichtigen Schleims. Schon daraus lässt sich das Vorkommen von Drüsen in der Schleimhaut vermuthen. Diese Haut ist durchschnittlich $^3/_4$''' dick, von ziemlich tiefen Furchen durchzogen, wodurch in der Längsrichtung verlaufende, lange und schmale inselartige Erhebungen entstehen. Die mikroskopische Untersuchung ergiebt nun Folgendes. In dünnen senkrechten Schnitten sieht man breite (den inselartigen Erhebungen entsprechende) Wülste, gebildet von einem weichen zellenreichen Bindegewebe, welches eine grosse Zahl runder, ovaler und cylindrischer Räume enthält, die meistens nur durch schmale Bindegewebszüge getrennt werden. Diese Räume sind ausgekleidet von einer Lage heller Becher- und dunkler, leicht kolbiger, geschlossener Cylinderzellen.

In Flächenschnitten ergeben sich wieder ungleich grosse, meist runde, seltener ovale oder längliche Räume, mit demselben einschichtigen Epithel aus geschlossenen und offenen Cylinderzellen. An etwas dickeren Längsschnitten sieht man übrigens auch einfache und zusammengesetzte cylindrische, im Grund leicht erweiterte Säckchen, die meist senkrecht oder schräg dem spärlichen Schleimhautstroma eingebettet sind und zwischen den warzigen Erhebungen in einen gemeinsamen cylindrischen Gang münden. Auf der äussern und seitlichen Oberfläche der rundlichen Schleimhautwülste münden dagegen mehr einfache cylindrische und retortenmässig erweiterte Drüschen, die aber nie jene Dimensionen, wie die im Grund der

Schleimhautgruben gelegenen Säcke erreichen. Die bedeutende Entwicklung dieser verschiedenen cylindrischen und mitunter auch leicht traubigen Drüsensäckchen, in Verbindung mit einer beträchtlichen Reduction des Schleimhautstromas, wie die wechselnde Richtung der Drüsengänge und die nicht seltene blasige Erweiterung ihrer Säcke sind es, die bei Untersuchung einer geringeren Zahl dünner Schnitte wohl zur Annahme verleiten können, als seien diese Hohlräume nur durch starke Zerklüftung und Faltung der Schleimhaut bedingt (wie Frank's Angaben lauten). Die Regelmässigkeit, mit der dieselben in Längs- und Querschnitten solcher Schleimhautpartien, deren Drüsen nicht dilatirt sind, wiederkehren, wie die Art des Epithels in den Drüsenschläuchen, lässt indess kaum mehr einen Zweifel über die drüsige Natur derselben zu. Denn die geschlossenen, grösstentheils aber offenen becherförmigen Cylinderzellen jener Schläuche erstrecken sich nur bis zu den Mündungen dieser Organe; zwischen ihnen, besonders auf der freien Fläche der Schleimhautwülste findet sich ein geschichtetes Epithel, das in der Tiefe aus kurzen cylindrischen Zellen, in den obersten Lagen aus kubischen und Platten-Epithelien besteht. Es ist also festgestellt: Die Schleimhaut des Nierenbeckens des Pferdes besteht fast durchgehends aus einfachen und zusammengesetzten tubulösen, mit einer einfachen Schicht von Becher- und Cylinderzellen ausgekleideten Drüsen (Fig. 1, b.).

Von der Schleimhaut des menschlichen Nierenbeckens beschreibt Unruh dicht unter der Epitheldecke gelegen, plattkugelige Drüsen, deren 2—12 einzelne, den Talgdrüsen gleichende, am Rande mehr platte, im Innern mehr rundliche Zellen enthaltende Follikel in einen gemeinschaftlichen Ausführungsgang münden.

Meine Beobachtungen stimmen mit denen Unruh's ziemlich überein. Beim Erwachsenen traf ich schon im oberen Theil des Ureters auf zerstreute, sehr oberflächlich gelegene Drüsen und im Nierenbecken fand ich solche in grösserer Zahl. Es sind zusammengesetzte Drüschen, Zwischenformen zwischen schlauchförmigen und traubigen Drüsen radiär um einen kurzen, etwas schmalen Ausführungsgang angeordnet (Fig. 2, A. b.). Der Gang scheint übrigens nicht constant zu sein, denn ich vermisste ihn öfter in einer grösseren Zahl successiver Schnitte. Ein eigentliches Lumen besitzen die Drüsen nicht. Sie sind vielmehr entweder dicht oder bis auf einen kleinen spaltförmigen Raum mit radiär angeordneten cylinder- und spindelförmigen Zellen gefüllt.

Was nun die Menge und überhaupt das Vorkommen dieser Drüsen betrifft, so will ich bemerken, dass ich in der abgezogenen Scheimhaut eines Nierenbeckens 1 — 2 derselben auf den □Cm. zählte, während ich sie in einem andern Falle viel spärlicher und kleiner traf, und an etwa 100 Schnitten einer dritten Niere gar keine fand. Auch in der Niere Neugeborener vermisste ich dieselben. Es sind diese Drüsen also ziemlich inconstante Gebilde.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. 1. Senkrechter Schnitt durch das Nierenbecken des Pferdes. a) Muscularis, b) Schleimhaut, c) Schleimhautwülste mit meist einfachen cylindrischen Drüsen, d) Gruben mit den Mündungen zusammengesetzter Drüsencylinder. System 2 und Ocul. 2 Hartnack.

Fig. 2. Senkrechte Durchschnitte durch das Nierenbecken eines Erwachsenen. a) Schleimhaut, b) Drüsen. Das Epithel ist in der Zeichnung weggelassen. System 4, Ocular 2 Hartnack.

Sämmtliche Figuren sind mit der Camera lucida gezeichnet.

Einiges über Infusorien.

Von

O. Bütschli.

Mit Tafel XXV und XXVI.

Die im Nachstehenden zu besprechenden Beobachtungen wurden vorwiegend in der Absicht angestellt, einiges über die sogenannte geschlechtliche Fortpflanzung der Infusorien zu ermitteln. Seit dem Erscheinen der Hauptarbeit Balbiani's [1]) haben sich meines Wissens in eingehender Weise nur Engelmann [2]) und Stein [3]) mit der Erforschung dieser merkwürdigen Erscheinung beschäftigt. Es ergab sich hierbei ein sehr tief greifender Unterschied zwischen der Auffassung des französischen Forschers, dem ganz entschieden das Hauptverdienst bei der Ermittlung dieser Vorgänge zuzuschreiben ist und derjenigen der deutschen Gelehrten. Es dürfte dieser schneidenden Differenz wegen auch ein kleiner Beitrag zu der Lösung dieser schwierigen Fragen nicht unerwünscht sein. Im Laufe der vorzugsweise auf die Erforschung der Conjugationszustände gerichteten Untersuchungen, ergaben sich dann noch nebenbei einige Erfahrungen über mancherlei Bauverhältnisse der Infusorien, die gelegentlich hier eine Stelle finden mögen.

Ich verzichte einstweilen an dieser Stelle auf ein genaueres Eingehen in die Geschichte unserer jetzigen Kenntnisse von der

1) Balbiani, G., Recherches sur les phénomènes sexuelles des infusoires in Brown-Séquard, Journal de la Physiologie T. IV. 1861 p. 162.

2) Zeitschrift f. w. Zoologie Bd. XI. p. 347.

3) Stein, der Organismus der Infusionsthiere II. Bd.

sogenannten geschlechtlichen Fortpflanzung der Infusorien, denn es wird im Laufe der Besprechung der einzelnen Beobachtungen sich Gelegenheit finden näher auf diesen Punkt einzugehen.

Nucleus und Nucleolus sind die beiden Organe der Infusorien, die nach den jetzigen Erfahrungen bei der Conjugation die wichtigste Rolle spielen; aus ihnen sollen sich in Uebereinstimmung der beiden Parteien die Geschlechtsproducte hervorbilden, ja Balbiani geht so weit, dass er den Nucleus für das Ovar, den Nucleolus für den Hoden erklärt, welche beiden Geschlechtsorgane ihre Producte unter dem Einfluss der Conjugation reifen sollen.

Es folgt hieraus, dass zur richtigen Beurtheilung der Vorgänge während der Conjugation eine genaue Einsicht in die Bauverhältnisse des Nucleus und Nucleolus unbedingt nöthig ist.

Es ist vielfach und von verschiedenen Seiten darauf hingewiesen worden, dass sich sehr häufig in dem Nucleus zahlreicher Infusorien körnerartige Einschlüsse finden, jedoch scheint mir eine Art dieses Vorkommens derartiger Einschlüsse in ihrer grossen Regelmässigkeit nicht vollständig gewürdigt worden zu sein.

Bei manchen Infusorien, so z. B. bei den grossen typischen Exemplaren von Paramaecium aurelia findet man durchweg den Kern ganz gleichmässig feinkörnig und keine Hülfsmittel, weder Zusatz von Essigsäure noch Färbung etc. lassen darin etwas von grössern, sich bestimmt hervorhebenden Körnern wahrnehmen.

Dagegen findet man eine ziemliche Anzahl anderer, bei welchen der Kern eine kleinere oder grössere Anzahl oft ziemlich ansehnlicher, dunkler Körner einschliesst. Auf diese Erscheinung wurde schon durch Cohn, Claparède und Lachmann, Stein und neuerdings auch Greeff (bei den Vorticellinen) vielfach hingewiesen. Es sind diese Körner meist von rundlicher oder stumpfeckiger bis unregelmässiger Gestalt und ihre Anwesenheit dürfte vielleicht bei manchen Infusorien an bestimmte Lebensumstände oder Perioden geknüpft sein, da man sie einmal nicht zu jeder Zeit sieht oder die Kerne verschiedener Thiere doch in sehr ungleicher Weise mit ihnen ausgestattet sind. Bei einer Anzahl unserer Thiere scheinen diese Körner die einzigen Einschlüsse des Nucleus zu sein, so z. B. bei den Vorticellinen, bei Chilodon cucullus [1]) und anderen.

1) Der Nucleus von Chilodon cucullus hat bekanntlich einen ziemlich eigenthümlichen Bau und wird von Balbiani als eine einfache Zelle, ein zu-

Von verschiedener Seite ist es auch schon versucht worden, diese Einschlüsse mit den nach der Conjugation aus dem Nucleus hervorgehenden Producten, den Keimkugeln bei den Vorticellinen z. B. in Zusammenhang zu bringen. Eine dritte Form, unter welcher sich der Nucleus einer ganzen Reihe von Infusorien meistens präsentirt, scheint bis jetzt weniger beachtet worden zu sein [1]). Man sieht nämlich bei einer Anzahl von Infusorien, unter welchen ich hervorhebe: Stentor coeruleus, Spirostomum teres, verschiedene Oxytrichen, Amphileptus anas, im Nucleus eine sehr beträchtliche Anzahl kleiner ziemlich gleich grosser, stark lichtbrechender Körperchen, die in regelmässigen Abständen von einander stehen, und je von einem hellen Hof umgeben sind. Die matte, sehr fein granulirt erscheinende Grundmasse des Nucleus bildet um diesen Hof eine weitere Umhüllung und die enge Zusammenpackung aller dieser Körperchen macht natürlich, dass da, wo diese Verhältnisse einigermassen deutlich zu sehen sind, die matte Grundmasse polygonale Figuren bildet (s. die Fig. 13, 14 und 15). In wiefern der helle Hof um die einzelnen Körperchen sein Dasein einer zwischen denselben und der matten Grundsubstanz vorhandenen Flüssigkeit verdankt, oder allein als eine optische Erscheinung betrachtet werden muss, schien mir in manchen Fällen sehr fraglich. So scheint es mir namentlich bei den Nuclei von Amphileptus anas und einer Oxytricha (Fig. 13 und 14), ferner den Nucleusfragmenten von Urostyla grandis (Fig. 15) fast unzweifelhaft, dass diese Erscheinung nicht nur eine optische ist, sondern wirklich um jedes der dunklen Körperchen sich eine Zone eines hellen homogenen, wahrscheinlich flüssigen Körpers findet. Man sieht diesen Bau bei einem einigermassen günstigen Object auch schon ohne weitere Behandlung mit Reagentien ziemlich deutlich, jedoch tritt er sehr viel besser durch Zusatz von Essigsäure hervor; auch die Färbung mit Karmin leistet

künftiges Ei des Thieres betrachtet. Mir scheint der Kern dieses Thiers den Kernen gewisser Amoeben am ähnlichsten zu sehen. So schien es mir namentlich in letzter Zeit wieder, als ich Gelegenheit hatte die interessante Amoeba terricola Greeffs zu studieren.

1) Die hier zu beschreibende Beschaffenheit des Nucleus ist von Wrzesniowski in seiner Abhandlung: „Ein Beitrag zur Anatomie der Infusorien.“ (Archiv für mikrosk. Anatomie, 1869. p. 25) von verschiedenen Infusorien recht gut abgebildet worden.

hierbei gute Dienste. Bei einer Anzahl der untersuchten Kerne, so z. B. bei Spirostomum teres, Stentor coeruleus und einer nicht näher bestimmten Prorodonart zeigte sich an den Rändern des Nucleus eine, wenngleich zarte, so doch ziemlich deutliche dunkle Linie, die in ziemlich regelmässigen Entfernungen schwache Anschwellungen zeigte (s. Fig. 17 v. Spir. teres). Es schien demnach bei diesen Thieren eine Art sehr zarter Hülle um den Nucleus zu existiren. Hiermit möchte denn auch in Zusammenhang zu bringen sein, dass sich bei Amphileptus anas eine sehr zarte Verbindung zwischen den beiden Kernen sehen lässt (Fig. 13) und ein gleiches glaube ich auch bei Stentor coeruleus, jedoch mit weniger Sicherheit wahrgenommen zu haben. Hieraus darf jedoch nicht geschlossen werden, dass ich mich der Balbiani'schen Ansicht, dass die zahlreichen Kerne mancher Infusorien in einem gemeinsamen Schlauche stecken, anschlösse. Andere Anzeigen sprechen nämlich entschieden dagegen. Einmal findet man ja bei vielen Infusorien absolut nichts von einem derartigen Schlauch und dann sind die Kerne und die aus ihnen bei der Conjugation hervorgegangenen Producte häufig so beweglich, d. h. sie werden durch die Strömungen des Parenchyms so vielfach durcheinander geschoben, dass sie unmöglich in einer gemeinsamen Hülle eingeschlossen sein können. Die Beweglichkeit des Kernes sah ich sehr schön bei einer grossen Nassula mit sehr lebhafter Strömung, der Kern folgte hier dem Strome anstandslos [1]; ferner sah ich die Theilproducte der Nuclei von conjugirten Amphileptus anas (s. Fig. 11 und 12) in so beständiger Verschiebung um einander begriffen, dass der Gedanke an eine gemeinsame Umhüllung derselben sogleich schwand. Am Nucleolus sah ich nie etwas von einem feineren Bau.

1) Die Strömungserscheinungen in dieser Nassula erfolgten in sehr auffallender Stärke und in unaufhörlich regelmässiger Weise. Das Rindenparenchym dieses Infusors enthält bekanntlich eine sehr beträchtliche Anzahl ziemlich grosser Trichocysten. Es zeigte sich nun die eigenthümliche Erscheinung, dass dieselben in ihrer Stellung von dem Strom beeinflusst wurden. Sie waren nämlich fast durchgängig in die Richtung des vor der Leibeswand vorbeikreisenden Stromes eingestellt. Hieraus folgt, dass diese Trichocysten mit ihren innern Enden nothwendiger Weise in die strömende Leibesmasse hineinragen müssen. Bei genauerem Zusehen zeigte sich weiter noch, dass der Strom eine ziemliche Anzahl losgerissener Trichocysten mitführte. Die Gestalt und Beschaffenheit dieser Trichocysten sucht die Abbildung Fig. 20 auf Taf. XXVI wiederzugeben.

Gehen wir nun nach diesen wenigen Bemerkungen über den Nucleus zu dem über, was mir von der Conjugation zu beobachten gelang. Es kann nicht geleugnet werden, dass die Balbiani'schen Untersuchungen im Allgemeinen viel Vertrauen verdienen. Sie waren es hauptsächlich, die Stein aus seinen irrigen Anschauungen über die Längstheilung der Infusorien herausrissen, ferner die Vorgänge bei der Conjugation zuerst näher ermittelten und auf die Bedeutung des ganzen Actes als eines geschlechtlichen, mit der Fortpflanzung im Zusammenhang stehenden zuerst näher hinwiesen. Auch die interessanten Mittheilungen, die Balbiani über die Quertheilung, namentlich über die Rolle, die der Kern dabei spielt, machte, waren ein bedeutsamer Schritt in der Erkenntniss dieser gewöhnlichsten Fortpflanzungsweise der Infusorien. Was Stein am Thatsächlichen der Balbiani'schen Forschungen auszusetzen hat, beschränkt sich im Allgemeinen doch auf sehr wenig und die hauptsächlichsten Differenzen zwischen beiden Forschern bestehen wohl in der Auffassung des ganzen Vorgangs und in dem was beide hieraus folgern zu dürfen glauben.

Seitdem Joh. Müller und seine Schüler Claparède und Lachmann in dem Nucleus der Paramaecien feine Fädchen oder stäbchenartige Gebilde wahrgenommen hatten, tauchte der Gedanke an eine geschlechtliche Fortpflanzung der Infusorien auf und man brachte natürlicher Weise die schon mehrfach, namentlich von Cohn beschriebenen Embryonen des Paramaecium bursaria und aurelia mit dieser geschlechtlichen Fortpflanzung in Verbindung.

Es ist bekannt, dass Stein diese Ansicht weiter verfolgte und ausbildete und die sogenannten acinetenartigen Embryonen der Paramaecien, Urostylen, Stylonychien und Vorticellen aus dem Nucleus hervorgehen lässt. Andererseits hat Balbiani diese sogenannten Embryonen durchgängig für parasitirende acinetenartige Geschöpfe erklärt, nach ihm geschieht bekanntlich die geschlechtliche Fortpflanzung der Infusorien durch Eier, die sich erst, nachdem sie abgelegt sind, entwickeln. Meine Beobachtungen über die Vorgänge bei der Conjugation unserer Thiere beschränken sich nun im Wesentlichen auf Paramaecium aurelia, und wenn ich auch nicht im Stande war wesentlich Neues beizubringen, so dürften meine Erfahrungen doch dazu beitragen einige Streitpunkte zwischen den beiden Forschern etwas näher zu beleuchten.

Im Voraus will ich bemerken, dass es mir in den Wässern, in

welchen die Conjugationszustände der Paramaecien sehr häufig waren, niemals glückte auch nur ein einziges Embryonen enthaltendes Thier zu finden. Wenn bei P. aurelia die Entwicklung von Embryonen wirklich eine Folge der Conjugation wäre, so bliebe es mir ganz unbegreiflich, wie mir diese trächtigen Zustände bei anhaltender Untersuchung einer Infusion, in welcher die Conjugation so häufig war, hätten verborgen bleiben sollen. Andererseits habe ich zwar auch nichts von einer Eiablage wahrgenommen, doch dürfte wohl die Beobachtung dieses Vorgangs einem leichter missglücken.

Ich kann mir bei dieser Gelegenheit nicht versagen an eine alte Beobachtung Cohn's zu erinnern; derselbe sagt in seiner Abhandlung „Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Infusorien" [1]) auf S. 272: „Ich fand mehrere Male, dass von zwei in der Längstheilung (Conjugation) begriffenen Thieren (von Paramaecium bursaria) das eine eine grosse Anzahl Keimkugeln enthielt, ja dass während des Theilungsactes gleichzeitig die Geburt von beweglichen Embryonen stattfand." Nun findet nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Balbiani und Stein bei dieser Art erst nach aufgehobener Conjugation eine Weiterentwicklung des Nucleus statt, der hier nur in wenige Stücke zerfällt. Wenn demnach die Cohn'sche Beobachtung ihre Richtigkeit hat, so kann dieselbe nur im Sinne der Balbiani'schen Ansicht gedeutet werden. Cohn's vermeintliche Embryonen dürften daher wohl Parasiten gewesen sein.

Ich muss hier ferner noch einer Mittheilung Meznikoff's gedenken [2]), in der er sich mit Entschiedenheit für Balbiani ausspricht, indem er beobachtet hat, dass die ausgeschlüpften Embryonen sich nach einiger Zeit an andere Paramaecien anhefteten und zu echten Parasiten (Embryonalkugeln) wurden.

Meine Beobachtungen über die Conjugation bei Paramaecium aurelia haben mich eigenthümlicher Weise dahin geführt, die beiden etwas verschiedenen Darstellungen dieses Vorgangs von unseren beiden Forschern bestätigt zu finden. Ich untersuchte zuerst um Beginn des Jahres 1872 zu Frankfurt a. M. und die sich mir daselbst darbietenden Conjugationszustände zeigten im Wesentlichen ganz

1) Zeitschrift f. w. Zoologie Bd. III 1851. p. 257.

2) Meznikoff, E. Ueber die Gattung Sphaerophrya. Müller's Archiv für Anat. und Physiologie 1864. p. 258.

dasselbe, was Balbiani beschrieben und auf Tafel VII l. c. abgebildet hat (vergl. die Taf. XXV dieser Abhdl.) Es zeigte sich nämlich bei diesen conjugirten Paaren schon während der Conjugation neben den sehr deutlichen grossen sogenannten Samenkapseln ein Wachsthum des Nucleus, wodurch dieser, wie es von Balbiani beschrieben wird, sich erst in einen langen, bandförmigen, verschlungenen Strang umwandelt und schliesslich noch während des letzten Stadiums der Conjugation zu zerfallen beginnt [1]). Stein hat bekanntlich diese Balbiani'sche Schilderung der Nucleusveränderung für unrichtig erklärt. Nach ihm beginnt die Umwandlung des Nucleus erst nach wieder gelöster Conjugation der beiden Thiere und es soll dies die Folge der Einwirkung der in den Samenkapseln zur Reife gekommenen Spermatozoën sein. Fernerhin hält er auch die dem Zerfall vorhergehende bandförmige Verlängerung des Nucleus für unrichtig, nach ihm soll derselbe direct in eine geringe Anzahl Kugeln zerfallen, die sich weiter theilen.

Als ich in Kiel nochmals Conjugationszustände des P. aurelia untersuchte, fand ich nun die Verhältnisse mehr in der von Stein geschilderten Weise. Diese Paramaecien besassen kurze Zeit nach aufgehobener Conjugation noch einen sehr wenig veränderten Nucleus und von Samenkapseln war nichts mehr zu sehen. An andern Paaren zeigte sich etwa 12—18 Stunden nach aufgehobener Conjugation ein bandförmiger, vielfach verschlungener Nucleus (s. Taf. XXVI Fig. 8), bei andern war dieser Knäuel schon mehr aufgewickelt.

---

1) Ich muss hier bemerken, dass ich die Balbiani'sche Schilderung und Abbildung dieses Prozesses in etwas anderer Weise verstehe, als Stein. Die Fig. 1—6 auf seiner Taf. VII stellen die aufeinander folgenden Entwicklungszustände conjugirter Paare dar. Fig. 7 und 8 bilden nur einfache Thiere ab, die Figurenerklärung sagt hierzu: „Fig. 7. L'un des deux individus d'un couple" etc. und weiter „Fig. 8. Autre individu dans lequel" etc.; bei den hierauf folgenden Fig. 9 etc. ist angegeben, dass sie Zustände nach aufgehobener Conjugation darstellen. Stein folgert nun aus den Fig. 7 und 8, dass die bandförmige Aufwicklung und der Zerfall des Nucleus auch von Balbiani erst nach aufgehobener Conjugation gesehen sei, ich muss jedoch sowohl aus der oben angeführten Erklärung der Figuren, als auch aus der gesammten Beschreibung, namentlich dem, was über die Samenkapseln, ihre Reife und ihre Rückbildung gesagt ist, schliessen, dass die Fig. 7 und 8 nur je ein einzelnes Thier eines in Wirklichkeit conjugirten Paars darstellen sollen.

Ein weiteres Paar wurde etwa am 3. Tage nach aufgehobener Conjugation untersucht, der Nucleus dieser Thiere war schon in etwa 4—5 grössere Kugeln und eine ziemliche Anzahl kleinere zerfallen. (s. Fig. 9. Taf. XXVI.)

Hieraus ergibt sich nun, dass sowohl die Stein'schen als die Balbiani'schen Angaben ihre Richtigkeit haben müssen, dass demnach bei P. aurelia Verschiedenheiten in dem Zeitpunkt der Nucleusveränderung vorhanden sind. Jedenfalls ergibt sich hieraus ferner, dass Balbiani nicht Recht haben kann, wenn er die Fäden der Samenkapseln die sogen. Eier, nämlich die grösseren der aus dem Zerfall des Nucleus hervorgegangenen Kugeln befruchten lässt, denn bei der v. Stein gesehenen Entwickelungsform sind ja zur Zeit der Bildung dieser sogen. Eier die Samenkapseln längst vollständig verschwunden.

Nachdem ich so im Allgemeinen mitgetheilt habe, was auf die Vereinigung der beiden entgegenstehenden Ansichten von Einfluss sein dürfte, wende ich mich dazu, die characteristischsten von mir gesehenen und abgebildeten Zustände, soweit dies noch nicht geschehen, etwas näher zu beschreiben.

Ich bespreche zunächst die der Balbiani'schen Schilderung entsprechenden Vorgänge.

In Fig. 1 Taf. XXVI sehen wir den Nucleus schon bandförmig ausgewachsen und den Nucleolus in je zwei grosse, etwas spindelförmige Samenkapseln zerfallen. Der Nucleus ist jedoch nicht ein einfaches Band, sondern ein hie und da verzweigtes, wie sich dies in späteren Stadien bei seinem Zerfall noch besser zeigt. Auf Fig. 2 hat der Nucleus in seinem Auswachsen unzweifelhaft schon weitere Fortschritte gemacht und zeigt sich fernerhin hier ein sehr eigenthümliches Verhalten der sog. Samenkapseln. Es enthält nämlich das eine der conjugirten Thiere gar keine derselben, das andere hingegen 4, die in ihrer Grösse auffallend mit denen der Fig. 1 übereinstimmen. Es kann deshalb kaum für möglich gehalten werden, dass die Kapseln des einen Thiers sich bis zu vieren vermehrt hätten, die des andern hingegen vollständig geschwunden seien, sondern es scheint viel wahrscheinlicher, dass die vier Kapseln beider Thiere sich in dem einen derselben angehäuft haben. Dass einem derartigen Vorgang keine Hindernisse im Wege ständen, dafür bürgt die Innigkeit der Conjugation, für welche Engelmann bekanntlich die ausreichendsten Beweise beigebracht hat. Ich will vorerst nicht ver-

suchen, aus dieser einmaligen Beobachtung weitere Schlüsse zu ziehen, jedenfalls wäre dieselbe sehr geeignet, den Gedanken an einen Austausch der sog. Samenkapseln zu unterstützen.

Aus den Balbiani'schen Untersuchungen sowohl, als aus denen von Stein ist bekannt, dass die zwei Samenkapseln unserer Fig. 1 sich noch weiter zu theilen im Stande sind. Balbiani hat bis 8 kleinere Kapseln in jedem der conjugirten Thiere vorgefunden und hebt nachdrücklich hervor, dass die Veränderungen in den beiden Gefährten stets in völlig entsprechender Weise stattfinden. Ich habe zwar die weiteren Theilungen der Spermatozoënkapseln nicht direct beobachtet, dass dergleichen jedoch im weiteren Verlauf des Conjugationsprocesses stattfindet, wird wohl durch das in Fig. 3 abgebildete Paar bewiesen. Wir sehen hier in dem ersten der beiden Thiere die Zahl der Kapseln bis auf 3 vermehrt, und ausserdem in dem hintern Theil desselben noch einige ovale, etwas kleinere Körper, über deren Natur vollständig klar zu werden mir nicht gelang. Im linken Thier sind 2 Kapseln von denen des andern Thiers entsprechender Grösse sehr deutlich, ein kleinerer Körper lässt sich gleichfalls wegen seiner Streifung als Kapsel deuten, daneben liegen jedoch hier auch einige Körper, deren Deutung schwer fällt. Dies letztere ist hauptsächlich desshalb der Fall, weil der Nucleus in diesem Paar schon sehr deutliche Spuren des Zerfalls zeigt und die erwähnten Körper in den Hintertheilen beider Thiere sich daher auch als Nucleusbruchstücke deuten lassen. — Nachdem der Nucleus deutliche Spuren des Zerfalls zu zeigen begonnen hat, scheint auch das Dasein der Samenkapseln gezählt zu sein, denn in der Fig. 4, wo schon eine ziemliche Zahl Bruchstücke von dem noch bandförmigen Theil des Nucleus losgelöst sind, finden sich nur noch zwei deutliche ziemlich kleine Kapseln, die fast auf der Grenze zwischen den beiden Thieren liegen. Gegenüber Balbiani muss ich hier betonen, dass ich nach erfolgter Aufhebung der Conjugation nie mehr in einem Thier auch nur eine Spur einer Samenkapsel gesehen habe.

Wie ich schon früher hervorhob, wächst der Nucleus nicht zu einem einfachen Band aus, sondern dieses Band theilt sich mehrfach, schickt Zweige und Aeste aus, wie man dies hauptsächlich gut sieht, wenn man ein Thier mit derartigem Nucleus durch Druck zum Zerfliessen bringt (s. Fig. 7). Schliesslich kurz vor oder nach der Trennung der beiden Thiere zerfällt der Nucleus in eine beträcht-

liche Zahl Bruchstücke; darunter sind stets einige grössere von etwas hellerem Aussehen (s. Fig. 5), die von Balbiani als die Eier unseres Thiers, von Stein als sog. Keimkugeln betrachtet werden. In den in Frankfurt a. M. beobachteten Thieren, bei welchen die Conjugation in der soeben geschilderten Weise ihren Verlauf nahm, zählte ich in einer Anzahl von Fällen deutlich zwischen 5—8 derartiger grösserer Kugeln, die zuweilen regelmässig in dem Thier vertheilt waren, wie dies in Fig. 5 sichtlich ist, wo die 8 vorhandenen Kugeln zu je 4 auf die beiden Seiten vertheilt sind. Sämmtliche aus dem Zerfall des Nucleus hervorgegangenen Bruchstücke nehmen schliesslich eine kugeliche Gestalt an (Fig. 6) und dann ist es recht schwer eine scharfe Scheidung zwischen den erwähnten grösseren Kugeln und den kleineren zu machen. Auch Stein hält es für unmöglich eine scharfe Grenze zwischen den beiden Arten dieser Körperchen zu ziehen. Ich mache hier hauptsächlich auf die Fig. 9 Taf. XXVI aufmerksam; man kann hier mit einiger Sicherheit 5 grössere Kugeln unterscheiden, bleibt jedoch schwankend über eine oder die andere der mittelgrossen. Hat man das Thier durch Essigsäure zur Gerinnung gebracht — und dies ist ja die gewöhnliche Art diese Verhältnisse sichtbar zu machen, denn am lebenden Thier nimmt man von all dem geschilderten nichts wahr — dann erscheint um jedes der Kügelchen, sowohl um die grossen als die kleinen ein heller Hof, der von Balbiani und Stein als die Hülle derselben gedeutet wird. Das Erscheinen dieses hellen Hofes ist jedoch gewiss nichts weiter, als ein Schrumpfungsphänomen zweier wahrscheinlich bei der Gerinnung ungleichmässig sich zusammenziehender Eiweisskörper, von welchen der eine den andern einschliesst. Man sieht diesen hellen Hof bei längerer und übermässiger Einwirkung der Essigsäure sehr bald wieder schwinden, weil die Masse wieder quillt.

Die grösseren Kugeln, die sogen. Eier sollen nach Balbiani ein deutliches Keimbläschen mit Keimfleck enthalten und auch Stein bestätigt die Gegenwart eines centralen hellen Bläschens, indem er keinen Unterschied zwischen den grösseren und kleineren Kugeln in dieser Beziehung macht. Gerade bei den vermeintlichen Eiern habe ich nie etwas von einem derartigen hellen centralen Bläschen oder Fleck zu sehen vermocht, sondern ich fand an ihnen mehrfach einen ähnlichen Bau, wie ich ihn oben von dem Nucleus einer Anzahl Infusorien geschildert habe (s. Taf. XXVI Fig. 9a). Es

schien sich nämlich die Kugel aus einer Anzahl Bläschen, von welchen jedes ein dunkles Körperchen einschloss, zusammenzusetzen (so ist das Erscheinen natürlich nach Zusatz von Essigsäure). Im Gegensatz hierzu glaube ich an den kleinen Kügelchen mehrfach einen centralen Fleck wahrgenommen zu haben, jedoch nur deutlich an den kleinsten, was sich eben darauf zurückführen liesse, dass diese kleinsten Kügelchen nur eines der Bläschen repräsentirten, welche in mehrfacher Anzahl die grösseren Kugeln bilden. Schliesslich muss ich in Uebereinstimmung mit Stein hervorheben, dass es mir nie gelungen ist, etwas von einem Schlauch zu sehen, in welchen nach Balbiani die sämmtlichen Nucleusbruchstücke eingeschlossen sein sollen.

Trotzdem ich einige aus der Conjugation hervorgegangene Paramaecien mehrere Tage aufbewahrte, konnte ich bei der darauffolgenden Untersuchung weder eine Veränderung an den Kugeln noch eine merkliche Abnahme derselben durch etwaiges Absetzen auffinden.

Bevor ich mir nun erlaube an diese Befunde einige Betrachtungen zu knüpfen, sei es mir gestattet, noch einige Beobachtungen über die Conjugation von Paramaecium colpoda und Amphileptus anas hier anzuschliessen.

Bei Paramaecium colpoda, wo ich trotz vieler Mühe mich von der Existenz eines Nucleolus im einfachen Thier nicht überzeugen konnte, verändert sich der Nucleus während der Conjugation absolut nicht, dagegen sah ich während derselben in jedem der Thiere eine sehr ansehnliche langgestreckte, halbkreisförmig um das vordere Ende des runden Nucleus herumgebogene Samenkapsel auftreten, nie jedoch mehr als diese eine. Dieselbe ist nach aufgehobener Conjugation verschwunden. Ueber die weiteren Veränderungen des Nucleus, die nach der Conjugation wohl noch stattfinden, habe ich keine Aufschlüsse erlangt.

Bei Amphileptus anas, welches Infusor auch Balbiani zum Gegenstand seiner Untersuchungen gemacht hat, sehe ich nach erfolgter Conjugation die beiden ovalen Nuclei (Taf. XXVI Fig. 13) jedes Thiers sich so innig zusammenschmiegen, dass nun jedes der conjugirten Exemplare anscheinend nur einen ziemlich ansehnlichen ovalen Nucleus enthält. Diesem liegt eine spindelförmige Samenkapsel dicht an (Fig. 10 Taf. XXVI). Nach 16 Stunden wieder untersucht, enthielten die Thiere je 3 fast gleich grosse, helle Kugeln, die durch

die Bewegungen des Leibesinhalts vielfach verschoben wurden (Taf. XXVI Fig. 11). Nach Verlauf weiterer 4 Stunden hatte sich hiezu noch je eine kleinere, helle Kugel gesellt (Taf. XXVI Fig. 12). 4 Stunden später waren die Kugeln des einen Thiers recht undeutlich geworden, im andern liessen sie sich noch wahrnehmen. Nach 2 Stunden trat in einem der Thiere ein ziemlich grosser heller Körper deutlich hervor, daneben waren noch zwei kleine helle Kugeln sichtbar. Jetzt trennten sich die Thiere, leider vielleicht durch einen zufällig auf sie ausgeübten Druck hiezu veranlasst. Das eine der Thiere zeigte noch nach 12 Stunden die grosse helle Kugel und daneben die zwei kleineren, von welchen jede ein dunkles Körperchen zu enthalten schien.

Wenn nun auch die soeben geschilderten Vorgänge bei der Conjugation des Amphileptus anas vielleicht nicht ganz normal gewesen sind, so möchte daraus doch hervorgehen, dass die Erscheinungen bei diesem Thier nicht in so einfacher Weise verlaufen, wie dies Balbiani schildert, nach dessen Angaben sich die beiden Kerne einfach zu Eiern entwickeln sollen.

Es sei mir gestattet, einigen Bemerkungen und Gedanken, die sich mir bei der Beobachtung der geschilderten Conjugationszustände aufdrängten, hier eine Stelle anzuweisen. Sämmtliche Forscher sind einig darüber, dass die Conjugation der Infusorien, wenn auch nicht ein directer geschlechtlicher Act, so doch die Veranlassung zur Ausbildung wahrer Geschlechtsproducte sei. Die veränderten Nucleoli bilden sich zu Samenkapseln um, welche die Samenfäden in sich einschliessen. Diese Samenfäden sollen alsdann späterhin ihre befruchtenden Wirkungen entweder nach Stein direct auf den Nucleus oder nach Balbiani auf die aus letzterem hervorgegangenen Eier ausüben. Nun ist es ja gewiss sicher, dass der bei der Conjugation vergrösserte Nucleolus nach seiner Gerinnung durch Essigsäure oder dergleichen einen feinfaserigen, streifigen Bau zeigt, dass aber dieses Aussehen beweisen soll, dass er Samenfäden einschliesse, dies vermag ich nach dem bis jetzt Erforschten nicht einzusehen. Zugegeben einmal, dass er wirklich isolirbare Fäden enthalte, so frage ich doch, mit welchem Recht dieselben als Samenfäden in Anspruch genommen werden dürfen? Unter einem Spermatozoon versteht man heutzutage eine in bestimmter Weise metamorphosirte Zelle, die durch ihre Vereinigung (Conjugation) mit einer anderen, weiblichen Zelle (Ei) in letzterer einen eigenthümlichen Wachsthums-

process (Entwickelung) veranlasst, oder diesen doch unterstützt oder in bestimmte Bahnen leitet. Nun sind diese sogen. Samenfäden des vergrösserten Nucleolus von Niemanden als veränderte Zellen erkannt worden, auch hat Niemand ihre Vereinigung mit einer Eizelle beobachtet. Nach Stein sollen sie bekanntlich in den Nucleus eindringen, er will dies bei Param. aurelia beobachtet haben, führt jedoch selbst eine ganze Anzahl Gründe ins Feld, die es sehr unwahrscheinlich machen, dass die im Nucleus beobachteten Stäbchen oder Fäden identisch seien mit den vermeintlichen Spermatozoën der Samenkapseln. Andererseits gibt Stein sich jedoch auch alle mögliche Mühe die von Balbiani vertretene Ansicht, dass der einfache Nucleus oder die einzelnen Glieder der Nucleusketten einfache Eizellen seien, als unrichtig hinzustellen. Hiermit fällt für Stein auch das zweite Argument, das er für die Spermatozoënnatur der Nucleolusstreifen anführen könnte. Balbiani ist in letzterem Punkt correcter, er lässt die Spermatozoën die aus dem Zerfall des Nucleus hervorgegangenen grösseren Kugeln (seine Eier) befruchten, jedoch lässt er uns, wie Stein schon mit Recht hervorhebt, über den Befruchtungsvorgang gänzlich im Unklaren. Dass jedoch die Balbiani'sche Ansicht nicht stichhaltig ist, sieht man ja auch daraus, dass sowohl in gewissen Fällen bei P. aurelia als auch P. colpoda die Samenkapseln schon vollständig geschwunden sind, ohne dass eine bemerkbare Veränderung des Nucleus stattgefunden hätte. Von einer Befruchtung der sogen. Eier Balbiani's kann also wenigstens bei Param. aurelia keine Rede sein.

Nun kommt aber ein fernerer Umstand, der die Deutung der Streifen des vergrösserten Nucleolus als Spermatozoën erst recht unglaublich macht. Sowohl Stein wie Balbiani haben nämlich gefunden, dass die Nucleoli bei der Quertheilung der Infusorien stets beträchtlich anschwellen und ein längsstreifiges Aussehen erlangen. Balbiani sucht etwaige Einwendungen, die man hieraus gegen die wahre Spermatozoënnatur der Streifen der sogen. Samenkapseln vielleicht ziehen könnte, dadurch zu entkräften, dass die Streifung der Nucleoli bei der Quertheilung nur auf die Hülle beschränkt sei, sagt jedoch hierauf gleich selbst: »Cette striature fibreuse du testicule, peu ou point visible aux autres époques d'année, apparait aussi souvent comme le premier stade de son évolution aux époques sexuelles, et peut en imposer pour un développement de corpuscules séminaux.« Hieraus geht jedenfalls hervor, dass der

Unterschied zwischen den beiden Arten von Streifung ein kaum wahrnehmbarer ist und dass die angeblich feinere Streifung der reifen Samenkapseln leicht nur mit der beträchtlicheren Vergrösserung der Nucleoli bei der Conjugation zusammenhängen kann. Während der Conjugation vergrössern und theilen sich die Nucleoli in der Regel, sie thun also ganz das nämliche, was auch während der Quertheilung mit ihnen geschieht.

Durch die soeben angestellten Betrachtungen scheint mir zur Genüge gezeigt zu sein, dass die sogen. geschlechtliche Fortpflanzung der Infusorien lange nicht so sicher begründet ist, als man dies wohl hätte vermuthen sollen und dass wir noch weit davon entfernt sind, die eigentliche Bedeutung der Conjugation richtig zu verstehen.

Ein vielleicht etwas gewagter Vergleich sei mir, weil wir bei der Erklärung dieser Vorgänge uns auf jede Weise zu helfen suchen müssen, gestattet. Die interessante Urostyla grandis soll nach Stein im gewöhnlichen Zustand gar keinen Nucleus enthalten; Balbiani hat diese Angabe dahin berichtigt, dass der Nucleus dieses Thiers in viele kleine Bruchstücke zerfallen sei. Ich kann dieses letztere nur bestätigen und habe in Fig. 15 Taf. XXVI eine Anzahl derartiger Nucleusfragmente abgebildet, die sämmtlich sehr schön den schon mehrfach geschilderten Bau zeigen. Eigenthümlicher Weise fand ich nun neben diesen Nucleusfragmenten mehrfach kleine ovale Kapseln von streifigem Aussehen (s. Fig. 16 Taf. XXVI), die Samenkapseln ganz ähnlich sehen. In einem Thier fand ich 4—5 dieser Kapseln. Während der Quertheilung der Urost. grandis sind die Nucleusfragmente bekanntlich zu einem einzigen strangförmigen Kern zusammengetreten, der gegen Ende der Theilung allmählig wieder in einzelne Fragmente zerfällt. Durch was unterscheidet sich nun der Nucleus der Urostyla grandis nach jeder Theilung von dem zerfallenen Nucleus der Paramaecien nach der Conjugation und sind die von mir gesehenen streifigen Kapseln nicht auch hier vergrösserte Nuclei? Möglicherweise wäre demnach bei Urostyla grandis ein Zustand, der bei anderen Infusorien ein vorübergehender ist, zu einem dauernden geworden.

Hiermit bin ich zu Ende mit dem, was ich über die Conjugation der Infusorien vorzubringen im Stande bin, und muss gestehen, dass ich mich augenblicklich in Betreff dieses Phänomens, so weit dies bei dem heutigen Stande unseres thatsächlichen Wissens über-

haupt möglich ist, der Ansicht zuneige, dass dasselbe sich den in der Organismenwelt anderweitig bekannten Conjugationserscheinungen wohl näher anschliesst, als dies bis jetzt vermuthet wurde.

Anschliessend an das soeben Mitgetheilte erlaube ich mir einige gelegentliche Beobachtungen über Infusorien zu erwähnen, die, wie ich hoffe, einiges Interesse zu erregen im Stande sind.

Vor einiger Zeit hatte ich Gelegenheit das Vorhandensein eines amyloidartigen Körpers in einer Gregarine (Gregarina blattarum) und einem Infusor (Nyctotherus ovalis) zu beobachten [1]). Da diese beiden Thiere Parasiten sind, so liesse sich vielleicht vermuthen, dass diese Eigenthümlichkeit eine Folge des parasitischen Lebens sei; dass dies jedoch nicht der Fall ist, beweist das Vorkommen eines entsprechenden Stoffes in einem frei im Meer lebenden Infusor, dem Strombidium sulcatum Clap. u. Lachm. Dieses Infusor, das von den genannten Forschern bei Bergen beobachtet wurde, findet sich auch in der Kieler Bucht. Es ist bemerkenswerth durch die grosse Zahl gelber Körnerklumpen, die es stets enthält und durch den Gürtel von Trichocysten, der dasselbe auf der hintern Grenze des vordern Körperdrittels umzieht (Fig. 19). Der rundliche, mässig grosse, feinkörnige Kern liegt etwa in der Mitte des Thiers. Beim Zerquetschen beobachtet man in der Leibesmasse eine bedeutende Anzahl heller kleiner Blättchen, die von einer regelmässigen Doppelcontur begränzt werden, so dass sie die Bezeichnung krystallinisch verdienen. Diese hellen krystallinischen Blättchen nehmen nun bei der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure eine sehr schöne veilchenblaue Farbe an, indem sie gleichzeitig aufquellen. In Betracht der früheren Beobachtungen dürfte auch hier wohl der Schluss gezogen werden, dass diese Blättchen eine amyloidartige Substanz sind, die hier noch ein besonderes Interesse beansprucht, indem sie in mehr oder weniger regelmässiger, krystallinischer Gestalt auftritt. Ich erwähne anschliessend, dass ich früherhin bei den eigenthümlichen Gregarinen, die sich in der Leibeshöhle von Blatta orientalis zuweilen finden und die ganz den Eindruck machen, als seien es krankhaft veränderte Formen der gewöhnlichen Gregarina blattarum (die im Chylusdarm lebt), ähnliche Blättchen von fast

1) Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie 1870. S. 372.

demselben Aussehen angetroffen habe. Obgleich ich damals die erwähnte Reaction an ihnen nicht versucht habe, so zweifle ich jetzt doch nicht, dass sie von derselben Natur sind, wie die Blättchen des Strombidium sulcatum.

Bekannt ist der reusenartige Schlund einer Anzahl Infusorien, so Chilodon, Nassula, Prorodon etc.; derselbe ist, so weit ich dies ermitteln konnte, immer so dargestellt worden, als wenn er aus graden etwa in der Form eines spitzen Kegelmantels zusammengestellten Stäbchen gebildet sei. Bei Chilodon und Nassula, wo ich Gelegenheit hatte diesen Apparat näher zu studiren, zeigte sich mir jedoch ein andrer Bau. Es laufen nämlich diese Stäbchen nicht grade von der Spitze des Kegels nach der Basis, sondern in langgestreckten Schraubenlinien (s. die Fig. 23 von einer Nassula). Es hat diese Erscheinung vielleicht einiges Interesse dadurch, dass durch sie eine Analogie zwischen diesen Stäbchen und den in gleicher Anordnung verlaufenden Körperstreifen angedeutet wird.

In Bezug auf die soeben erwähnten Körperstreifen erlaube ich mir folgende Bemerkung. Schon Ehrenberg hat bemerkt, dass die Körperwimpern der Infusorien (Holotricha) in Längsreihen gestellt seien. Aus der Darstellung Stein's muss ich schliesen, dass er eigentlich diese Meinung nicht theilt. Bei der Beschreibung der Körperstreifen, die er für muskulös hält, bemerkt er, dass auf denselben nämlich den dunkleren, körnchenhaltigen, breiteren Streifen die Wimpern unregelmässig vertheilt seien, während die schmäleren hellen Zwischenstreifen, längs welcher nach seiner Ansicht die Cuticula leistenartig nach Innen etwas vorspringt, wimperlos sein sollen. Dies kann ich nun keineswegs bestätigen, sondern habe ich bei den zu diesen Untersuchungen geeignetsten Infusorien (Spirostomum und Stentor) immer grade das Gegentheil zu sehen geglaubt. Einmal stehen bei diesen die Körperwimpern wohl sicher in Längsreihen und dann ferner nicht auf den körnigen Körperstreifen, sondern auf den hellen schmäleren Zwischenstreifen; sie sind hier längs einer schwer bemerkbaren, sehr zarten dunkleren Linie in einfacher Längsreihe eingepflanzt (Fig. 18). In der soeben geschilderten Weise haben sich mir nach vielfach wiederholten Beobachtungen

diese Verhältnisse dargestellt, deren Erkenntniss zu den, wenigstens für die Leistungen meines Mikroskops, schwierig zu lösenden Aufgaben gehört.

Polykrikos Schwartzi n. sp. Unter diesem Namen erlaube ich mir ein von mir mehrfach beobachtetes infusorienartiges Thier zu beschreiben, weniger wegen seiner etwaigen Neuheit, als wegen seiner interessanten Bauweise. Dieses kleine Thierchen erregt das Interesse hauptsächlich dadurch, dass es mit einem vollkommen infusorienartigen Bau das Vorhandensein zahlreicher ächter Nesselkapseln verbindet. Ich fand dasselbe sehr häufig in den Fjorden bei Arendal an der Südküste von Norwegen, wo es sich fast stets in dem gefischten Auftrieb vorfand, ausserdem jedoch auch einmal in sehr brackischem Wasser der Kieler Bucht.

Unser Thierchen hat etwa die Gestalt eines schlanken Tönnchens, das an seinem einen Ende, welches wir als das hintere bezeichnen wollen, etwas mehr verschmälert ist, als an dem entgegengesetzten. Was den Vergleich mit einem Tönnchen noch vermehrt, ist das Vorhandensein von etwa 8 — 16 reifartig das Thierchen umziehenden Rinnen. Hiernach hat es also den Anschein, als setze sich dasselbe aus 9 — 17 Segmenten zusammen. Etwa in der Mitte zwischen je zwei der erwähnten Rinnen findet sich jedoch noch eine weitere schwache, ringförmig das Thier umziehende Einschnürung; dieselbe läge demnach auf der Höhe der vermeintlichen Segmente. Die erwähnten Rinnen sind jedoch nicht vollständig geschlossene Ringe, sondern sie steigen an der einen Seite des Thiers etwas nach vorn und scheinen schliesslich sämmtlich in eine Längslinie umzubiegen (s. die Fig. 22). Die beiden Enden jedes einzelnen Ringes stossen jedoch nicht genau in dieser Längslinie auf einander, sondern scheinen dieselbe fast alternirend zu erreichen. In den Rinnen stehen nun sehr zarte kurze Wimpern, die bei ihren Bewegungen das Bild einer die Rinnen durchziehenden, geschlängelten Linie hervorrufen. Ausser diesen kurzen Wimpern findet sich noch eine geisselartige, jedoch nicht allzukräftige auf dem Vorderende und eine ähnliche schwerer sichtbare in etwa $^1/_3$ der Körperlänge Entfernung vom Vorderende, wahrscheinlich auf der erwähnten Längslinie befestigt. Am Vorderende (Fig. 22 c) lassen sich vier hügelartige Erhebungen wahrnehmen, zwischen welchen die Geissel

befestigt ist und wo sich auch sehr wahrscheinlich eine Mundöffnung findet. Die Leibesmasse unseres Thieres besteht aus einer granulirten, hie und da auch etwas faserig aussehenden, protoplasmatischen Masse, die hie und da grössere das Licht stark brechende Körperchen enthält und in welcher man gelblich braun gefärbte Speiseballen antrifft. Ich habe nie eine Spur eines zelligen Baues gefunden. In der äusseren Leibesregion sieht man nun eine ziemliche Anzahl unregelmässig liegender, ächter Nesselkapseln. Die Fig. 22a und 22b zeigen, dass der Bau dieser Nesselkapseln mit dem der Coelenteraten-Kapseln vollständig übereinstimmt. Durch starken Druck bringt man sie zum Aufspringen. Eine Vacuole habe ich im hintern Theil unseres Thieres mehrfach gesehen, jedoch trotz langen Zuwartens keine Pulsation derselben wahrgenommen. Schliesslich bemerkt man in dem Körper unserer Thiere die rundlichen aus feinkörniger protoplasmatischer Masse bestehenden Nuclei, die gewöhnlich in der Vierzahl vorhanden sind und an einer Seite des Thiers in einer Längsreihe hinter einander liegen. Von Nucleoli habe ich nichts gesehen. Die Gesammtlänge eines in Kiel gesehenen Thierchens betrug 0,115 mm. seine grösste Breite 0,073 mm. — In Arendal traf ich auch häufig Quertheilungszustände (Fig. 22). Unsere Figur zeigt gerade ein Stadium, auf welchem jedes der neugebildeten Individuen noch zwei Kerne besitzt, die jedoch durch eine mittlere Einschnürung verrathen, dass sie sich zu theilen im Begriff sind.

Wahrscheinlich ist unser Thierchen schon früher beobachtet worden, denn die von Ouljanin [1]) beschriebene Larve scheint mir wohl mit demselben identisch zu sein. Ich kenne darüber nur den Bericht Leuckart's [2]) und verdanke der Güte desselben eine Copie der Abbildung, die mir die Identität mit dem von mir beschriebenen Thier fast zur Gewissheit macht. Ouljanin schreibt seiner Larve 9 Rinnen zu, eine Zahl die sich auch bei unserm Thier zuweilen finden muss, da dasselbe die Zahl seiner Rinnen zwischen je zwei Theilungsprozessen von 8 bis auf 16 erhöhen muss, indem ich es für unwahrscheinlich halte, dass erst während der Theilung die Zahl der Rinnen verdoppelt wird. Thiere mit 12 oder 13 Rinnen habe ich angetroffen.

1) K. Gesellschaft der Freunde der Naturwissenschaften 1869. p. 161. (Russisch.)

2) Leuckart's Jahresbericht für 1868—69 p. 123.

Schliesslich muss ich die interessante Eigenthümlichkeit unseres Thiers, nämlich das Vorhandensein von Nesselkapseln noch einen Augenblick ins Auge fassen. Man wird gewiss dieses Umstands halber geneigt sein unser Thier nicht zu den Infusorien zu stellen, oder wenn man dieses letztere dennoch thut hieraus auf ein Vorhandensein ächter Zellen bei demselben zu schliessen, indem man Nesselkapseln bis jetzt, soweit dies erforscht ist, stets in Zellen entstehend fand. Wie schon bemerkt, habe ich nun bei unserem Thier nichts davon gesehen, dass die Nesselkapseln irgendwie noch eine besondere Umhüllung hätten. Fernerhin scheint mir jedoch auch das Vorkommen ächter Nesselkapseln selbst mit der Einzelligkeit der Infusorien verträglich. Soweit ich mich über die Entwickelung der Nesselkapseln bei den Coelenteraten durch die Schriften von Moebius, F. E. Schulze und Kleinenberg [1]) belehren konnte, entsteht die Nesselkapsel stets in dem Protoplasma einer Zelle unabhängig von dem Kern, sie ist also nicht etwa selbst eine modificirte Zelle, sondern wird nur in einer solchen producirt; es liesse sich daher an und für sich kein Hinderniss einsehen, warum nicht in einer Zelle gleichzeitig eine grössere Anzahl Nesselkapseln gebildet werden sollten, welcher Fall denn bei unserem Infusor eingetreten wäre, wenn wir an dessen Einzelligkeit festhalten. Letzteres scheint mir wenigstens heutzutage noch immer das richtigere und drängt sich mir namentlich immer auf, wenn ich die Reihe von Organismen übersehe, die allmählig von den complicirtesten Infusorien zu den einfachsten Flagellaten und schliesslich auch Amoeben hinüberführen, deren Einzelligkeit wohl kaum von Jemanden bezweifelt wird. Die gleiche Betrachtung liesse sich natürlich auch für die Trichocysten anstellen, die bis jetzt wenigstens immer als Hauptargument von den Anhängern der Vielzelligkeit ins Feld geführt wurden [2]). Wie man zwar die Einzelligkeit der Infusorien auf

1) Moebius, K., Ueber den Bau etc. der Nesselkapseln (Abhandlungen des naturw. Vereins zu Hamburg. Bd. V). F. E. Schulze, Cordylophora lacustris, Leipzig, 1871. Kleinenberg, Hydra, Leipzig, 1871.

2) Bei der Betrachtung der Bauweise der grossen Trichocysten der Nassula, die auf T. XXVI Fig. 20 abgebildet sind, möchte ich es für das wahrscheinlichste halten, dass diese eigenthümlichen Gebilde im Princip den eigentlichen Nesselkapseln ganz analog gebaut sind, sich von ihnen wesentlich jedoch dadurch unterscheiden, dass sie in jedem ihrer zugespitzten Enden einen ausschnellbaren Faden enthalten. Es lässt sich vorstellen, dass

der einen Seite und auf der andern eine vom Nucleus und Nucleolus ausgehende geschlechtliche Fortpflanzung derselben vereinigen kann, bleibt mir wenigstens unverständlich.

Sowohl die Amoeba terricola als die Amphizonella violacea Greeff's habe ich in Kiel in der Erde um die Wurzeln von auf einem Dach wachsendem Moos sehr reichlich angetroffen und namentlich die erstere Form mehrfach untersucht. Auch mich hat dieses höchst eigenthümliche Thier bei seinem ersten Anblick sehr überrascht. Die Beschreibung und Abbildung Greeff's gibt von beiden Thieren eine recht gute Vorstellung und sind es nur einige wenige Punkte, zu welchen ich mir eine Bemerkung erlaube. Die gelben Körper, die Amoeba terricola häufig in sehr reicher Zahl enthält, scheinen mir nichts als die Speisereste zu sein. Die Thiere hatten gewöhnlich sehr bedeutende Mengen von Oscillatorienfäden gefressen, deren allmählicher Uebergang in die gelben bis braunen Körper deutlich zu verfolgen war. Wie die Speiseballen der Infusorien sind auch hier diese gelben Körper in Flüssigkeit enthaltende Hohlräume des Leibes-Protoplasma eingeschlossen. Bei Amphizonella violacea, die gleichfalls viele Oscillatorienbruchstücke verschlingt, verwandeln sich dieselben in völlig schwarze Körper.

Von den eigenthümlich faserigen Körpern, die Greeff in Amoeba terricola getroffen hat, kann ich nicht glauben, dass dieselben mit der Fortpflanzung etwas zu thun hätten. Ich habe dieselben auch recht häufig beobachtet. Ein Thier, das eine beträchtliche Anzahl derselben enthielt, zeigte nachdem es eine Nacht in der feuchten Kammer zugebracht hatte, keinen einzigen dieser Körper mehr, sonst jedoch auch keine weitere Veränderung.

Das eigenthümliche Spiel der contractilen Vacuole sah ich bei A. terricola vollständig in der von Greeff beschriebenen Weise, eine Ausstossung der Vacuolenflüssigkeit scheint entschieden nicht stattzufinden. Sehr auffallend war der sehr deutlich strahlige Bau,

---

die dunkeln Endtheile dieser Trichocysten von dem darin aufgerollten Faden herrühren, den genauer zu erkennen der auflösenden Kraft meines Mikroskops versagt war. Mit dieser Vorstellung des Baues der Trichocysten harmonirt denn auch ihre Gestalt im ausgeschnellten Zustand.

welchen das Protoplasma in der Umgebung der meisten Vacuolen von einigem Durchmesser zeigte (Fig. 21. Taf. XXVI). Die Bewegungen unseres Thiers sind von Greeff trefflich beschrieben worden, dagegen kann ich mich der von ihm gegebenen Erklärung dieser Bewegungsart nicht anschliessen. Wie Kleinenberg in seiner Monographie der Hydra mit Recht auseinandergesetzt hat, lässt sich die amöboide Bewegung nicht unter dem Begriff der Contraction subsummiren. Auch bei der hier besprochenen grossen Amoebe lässt sich dies nachweisen. Die lebhaften und häufig sehr lokalen Strömungen des körnigen Innenparenchyms können unmöglich das Resultat lokaler Contractionen sein. Wenn ferner, wie Greeff meint, eine Contraction der hellen Aussenschicht an dem Hinterende des Thiers (das dem sich vorwärts bewegenden entgegengesetzte) die Ursache der Weiterbewegung sei, so müsste dem Begriffe der Contraction nach hier eine Verdickung der hellen Schicht auftreten. Das Gegentheil hiervon hat jedoch statt; die helle Aussenschicht schwillt an dem sich vorwärts bewegenden Ende sehr an. Ebenso ist die Fältelung, die sich am Hinterende bei der Bewegung häufig zeigt, nicht ein Beweis für dort stattfindende Contractionen, sondern rührt davon her, dass das ursprünglich voll ausgedehnte Hintertheil bei der Vorwärtsbewegung passiv, durch den Wasserdruck in sich zusammensinkt, wobei dann die äusserste, membranartig modificirte Zone der hellen Aussenschicht sich runzelt, da sie sich in Bezug auf ihren Aggregatzustand wohl den festen Körpern mehr zuneigt. Der eigentliche Sitz der Bewegnng ist zweifellos die helle Aussenschicht, aber der bei der Bewegung voraneilende Theil derselben. Die hier auftretenden Fortsätze sind Strömungserscheinungen, deren Ursache noch immer sehr zweifelhaft erscheint.

Kiel im Januar 1873.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXV und XXVI.

Tafel XXV.

Fig. 1—4. 4 verschiedene Paare conjugirter Paramaecium aurelia, in Frankfurt a. M. beobachtet.

Fig. 5—6. 2 verschiedene Individuen verschiedener Paare nach aufgehobener Conjugation, in Frankfurt a. M. beobachtet.

Fig. 7. Theil des Nucleus eines conjugirten Paramaecium aurelia; durch Quetschen isolirt.

Tafel XXVI.

Fig. 8—9. 2 verschiedene Individuen von P. aurelia nach aufgehobener Conjugation; in Kiel beobachtet.

Fig. 9a. 2 der grossen Kugeln des Thiers der Fig. 9, 1 nach der blossen Behandlung mit Essigsäure, 2 nach Färbung mit Carmin.

Fig. 10. Amphileptus anas conjugirt.

Fig. 11. Dasselbe Paar 16 Stunden später.

Fig. 12. Dasselbe Paar noch 4 Stunden später.

Fig. 13. Nuclei eines einfachen Amphileptus anas nach Behandlung mit Essigsäure.

Fig. 14. Einer der Nuclei einer Oxytricha aus dem Kieler Hafen.

Fig. 15. Nucleusbruchstücke von Urostyla grandis.

Fig. 16. Eigenthümlicher, einer Samenkapsel ähnlicher Körper aus Urostyla grandis.

Fig. 17. Nucleus von Spirostomum teres (Fig. 14—17 sämmtlich nach der Behandlung mit verdünnter Essigsäure).

Fig. 18. 2 Körperstreifen von Spirostomum teres mit den in einer Längsreihe auf dem hellen Feld stehenden Wimpern.

Fig. 19. Strombidium sulcatum, Clp. & Schm. n Nucleus, x Trichocystengürtel.

Fig. 19a. Krystallinische Blättchen der amyloidartigen Substanz aus diesem Infusor.

Fig. 19b. Ausgesprungene Trichocysten.

Fig. 20. Grosse Trichocysten einer Nassula.

Fig. 21. Vacuolen von Amoeba terricola Greeff mit dem eigenthümlich strahligen Bau des umgebenden Protoplasma's.

Fig. 22. Polykrikos Schwartzi, Btschli. Ein in der Theilung begriffenes Thier.

Fig. 22a. Eine geschlossene Nesselkapsel dieses Thiers.

Fig. 22b. Eine aufgesprungene Nesselkapsel desselben.

Fig. 22c. Vorderende desselben Thiers mit der geisselartigen Wimper.

Fig. 23. Schlund der grossen Nassula sp.

Die Details sämmtlicher Figuren sind mit der Immersionslinse Nr. 7 von Gundlach gezeichnet.

Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere.

Von

Dr. Alexander Goette.

Hierzu Taf. XXVII.

I. Der Keim des Forelleneies.

Ueber die Entwickelung der Keimblätter der Knochenfische sind erst in neuester Zeit eingehendere Untersuchungen bekannt geworden. Von den älteren Embryologen glaubte Rathke auch für die Knochenfische die schon bestehende Lehre von der Zusammensetzung des Keims aus zwei Hauptschichten, dem serösen und dem Schleimblatte, denen sich später noch das zwischenliegende Gefässblatt anschliesse, bestätigen zu können (No. 1 Seite 12—13 [1]).

v. Baer folgt derselben Darstellung (No. 2 S. 298), fügt aber dazu einige weitere bemerkenswerthe Angaben über den Keim. Derselbe sei anfangs in der Mitte dicker als am Rande, später verdünne sich jedoch die erstere und verwandele sich letzterer in einen dicken, in den Dotter eingedrückten Wulst (No. 3 S. 10).

Vogt lässt an dem Keime der Forelle eine oberflächliche Epidermoidalschicht schon frühzeitig von der Masse der darunterliegenden Embryonalzellen sich absondern (No. 4 S. 33). Diese Epidermoidalschicht, welcher die Rolle einer Schutzhülle zugeschrieben wird (a. a. O. S. 143), bilde die Oberhaut des Embryo, den Dotter-

1) Die Nummer bezieht sich wie in allen folgenden Fällen auf das am Ende dieses Aufsatzes befindliche Litteraturverzeichniss.

sack, die Nasengrube und die Linse (S. 40. 76. 94 141). Die Embryonalzellen, welche sich unter jener Schicht im excentrischen Primitivstreifen ansammeln (S. 44. 48), liefern die einzelnen Anlagen für alle übrigen Körpertheile mit Ausnahme des primordialen Darmes und der Urnieren, welche ihren Ursprung einem besonderen, erst viel später unter den Embryonalzellen auftretenden Schleimblatte verdanken (S. 308). Durch jene Ansammlung der Embryonalzellen aus dem grössten Theile der Keimhaut in den Bereich der Embryonalanlage entsteht eine schon an der verschiedenen Durchsichtigkeit erkennbare Scheidung zwischen beiden Theilen, nämlich dem Embryo und dem Dottersacke (vessie vitellaire, S. 39. 42).

Lereboullet untersuchte die Entwickelung der Forelle (Annales des sciences naturelles, Zoologie, Tom. XVI 1861), des Hechtes und des Barsches (No. 5). Da er jedoch selbst erklärt (Ann. sc. nat. Tom. XIX 1863, S. 15), dass nennenswerthe Unterschiede in der Entwickelung der drei Arten nicht beständen, so benutze ich hier bloss die späteren Mittheilungen über den Hecht. — Der aus dem Bildungsdotter hervorgegangene Keim sei nach der Furchung anfangs in der Mitte dicker als am Rande, werde aber dort während der Ausbreitung über den Dotter gerade dünner und erhalte dadurch einen dicken Randwulst (No. 5 S. 42). Er sei schon frühzeitig hohl, also einer abgeplatteten Blase vergleichbar (Keimblase), welche während der genannten Ausbreitung in einen doppelwandigen Sack, eben die Keimhaut, sich verwandle (S. 41. 43. 51). Diese Keimhaut bestehe aus einer ganz oberflächlichen, aus platten Zellen zusammengesetzten Epidermoidalschicht, im Uebrigen aus Embryonalzellen, welche die Anlagen zu allen animalischen Theilen liefern (S. 34. 47. 49. 50). An die Unterfläche der Keimhaut trete als Erzeugniss des Nahrungsdotters das Schleimblatt, die Grundlage der Ernährungs- und Fortpflanzungsorgane; es bilde sich aus den »globules vitellins», welche sich unter dem Bildungsdotter oder Keime ansammeln und in Zellen verwandeln, deren Ausbreitung zu einer den übrigen Dotter unmittelbar umschliessenden Schicht zugleich mit der eigentlichen Keimhaut erfolgt (S. 34. 44. 48—50).

Kupffer hat an den Eiern von Gasterosteus, Spinachia, Gobius zuerst nachgewiesen, dass die Zellen des Fischkeims »die directen Endglieder des Furchungsprocesses sind« (No. 6 S. 214). Nachdem sich der Keim zur Keimhaut ausgebreitet, werde ihr Rand dunkler (Keimsaum), ihre Mitte unter Abplattung der Zellen

(Epithelialfeld) heller (S. 221). Der Keimsaum schwelle an einer Stelle theils durch energische Zellenvermehrung, theils durch Ansammlung der vom übrigen Umfange auswandernden Zellen stärker an und wachse alsdann zungenförmig in das helle Epithelialfeld aus; dies gebe den Embryonalschild (S. 222. 228). Dieser entwickle alsbald an seiner unteren Fläche einen medianen in den Dotter vorspringenden Kiel (S. 231); doch erst nachdem entsprechend demselben an der Oberfläche eine seichte Furche entstanden, würden am Keime drei Keimblätter sichtbar (S. 234). Von diesen gehörten das obere und das mittlere, welche vom Kiele aus seitlich fortschreitend sich von einander trennen, dem aus der Furchung hervorgegangenen Keime an (S. 243—245); das dritte unterste scheine unabhängig von diesem Keime aus einer Zellenschicht hervorzugehen, welche durch freie Zellenbildung in seinem Umkreise entstehe und zwischen dem Dotter und der Keimhaut zu einem Blatte auswachse (S. 217—220. 245).

Rieneck untersuchte die der Furchung zunächst folgenden Entwickelungsstufen des Forellenkeims. — Die oberflächlichste Zellenlage sondere sich zuerst als eine plattenepithelartige Umhüllungshaut ab (No. 7 S. 359). Darauf hebe sich das Centrum des Keims vom Dotter ab, und bilde so eine Keimhöhle [1]), während die Peripherie auf der Unterlage ruhen bleibt (S. 360). Die oberen Keimschichten stellen das Sinnesblatt her, welches durch jene oberflächliche Sonderung in Horn- und Nervenblatt zerfalle (S. 361). Die tieferen Keimschichten, welche als von den langsamer sich theilenden Furchungselementen abstammend aus grösseren Zellen bestehen, lösen sich vom Sinnesblatte und bilden zuerst subgerminale Fortsätze, bis sie endlich vollständig auf den Boden der Keimhöhle herabfallen und dort eine Lage zusammensetzen, welche erst im Keimrande mit dem Sinnesblatte wieder in Berührung tritt (S. 362—364). Dieser Zustand des Keims, »in der Mitte eine Höhle, darüber die kleineren Zellen als sensorielles Blatt, und darunter die grossen Zellen für den Rest des Embryonalleibes« — entspreche demjenigen der Batrachier und Vögel, indem sowohl dort wie hier die am Boden der Keimhöhle befindlichen grossen Zellen die zwei

1) Die Keimhöhle beschrieb zuerst Stricker, vgl. seine Untersuchungen über die Entwicklung der Bachforelle in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Bd. LI.

unteren Keimblätter bilden. Auch die Art und Weise der Herstellung der letzteren sei bei den Fischen dieselbe wie bei den Batrachiern und Vögeln, indem jene grossen Zellen zur Peripherie wanderten und durch ihre Ansammlung an einer bestimmten Stelle derselben die Anlage des mittleren und untersten Keimblattes lieferten (S. 363—365). Ja, Rieneck will diese Wanderung sogar verfolgt haben (S. 363).

Der Zeit nach fände hier meine vorläufige Mittheilung (No. 8) ihren Platz.

van Bambecke schliesst sich nach dem eigenen Geständnisse Kupffer an und findet, dass der Keim verschiedener Cyprinoiden aus zwei Theilen bestehe: 1. dem oberen, aus der Furchung hervorgegangenen, welcher die Furchungshöhle einschliesst, 2. dem unteren, zwischen jenem und dem Dotter gelegenen, „couche intermediaire" (No. 9 S. 4). An der letzteren, welche aus einer endogenen Zellenbildung im Dotter hervorgehe, könne ein verdickter, unter dem oberen Keimblatte frei zu Tage tretender Rand und eine dünne Mitte unterschieden werden, welche wahrscheinlich vom Rande hervorgewachsen sei (S. 5. 7).

Den Schluss der bisherigen Untersuchungen bilden Oellacher's ausführliche Mittheilungen. Nachdem die Furchung beendet, werde eine Hälfte des bioncvexen in den Dotter eingesenkten Keimes dünner und hebe sich darauf vom Dotter ab, und zwar zuerst ganz in der Nähe der Peripherie, wodurch die Keimhöhle entstehe (No. 10 S. 1. 2. 19). Mit der Verdünnung jenes Keimtheils geht eine Ausbreitung desselben über den Dotter Hand in Hand, woran die dickere Hälfte sich nur insofern betheilige, als sie einen Theil ihrer Zellenmasse an den dünnen sich ausbreitenden Keimtheil abgebe, während ihr peripherischer Saum nicht von der Stelle rücke (S. 3. 4). Bei der fortgesetzten Ausbreitung erscheine der Keim zuletzt als eine dünne Platte (Decke der Keimhöhle), eingefasst von einem verdickten Rande, dem Keimwulste, in welchem die ursprünglich dickere Keimhälfte eine local beschränkte Verbreiterung und Verdickung desselben und schon in ihrer ursprünglichen Zusammensetzung die primitive Embryonalanlage darstelle (a. a. O.). Die erste Schichtung des Keims beginne schon vor der Bildung der Keimhöhle durch die Sonderung der oberflächlichsten Zellenlage oder des Hornblattes. Die anfangs kubischen Zellen desselben sollen im weiteren Verlaufe sich erst an der Peripherie des Keims und

darauf in der Decke der Keimhöhle abplatten (S. 11. 12. 27). Im Bereiche der letzteren erscheint dann unter dem Hornblatte eine einfache Lage von Cylinderzellen, an welche sich abwärts rundliche Zellen anschliessen (S. 13). Jene Cylinderzellen sind die Anlage des Sinnesblattes, dessen Entwickelung also in der Decke der Keimhöhle beginnt und erst nachträglich in die Embryonalanlage sich fortsetzt, dort eine dickere Zellenschicht umfassend (S. 15. 16. 28). Die unter dem Sinnesblatte befindlichen rundlichen Zellen der Keimhöhlendecke fallen sämmtlich auf den Boden der Höhle hinab und graben sich darauf in den Dotter ein (S. 12). Wenn vielleicht ein kleiner Theil derselben davon eine Ausnahme mache, und gegen den Keimwulst wandernd dessen Zellenmasse verstärkt, so seien solche Zellen dennoch wesentlich von den Wanderzellen verschieden, welche am Hühnerkeime vom Boden der Keimhöhle aus zwischen zwei schon vorhandene Keimschichten einwandern (S. 33—36). Im Allgemeinen könne eben für den Bereich der Embryonalanlage von einer nachträglichen Anlagerung der Zellen, welche unter dem Sinnesblatte die Anlagen des motorischen und des Darmdrüsenblattes darstellen (S. 17), nicht die Rede sein; sondern die beiden Hauptschichten sonderten sich in dem unveränderten, ursprünglichen Keimwulste, so dass seine tiefsten Zellen auch zum Darmdrüsenblatte würden (S. 14. 32. 33. 39). Die vollständige Trennung des letzteren vollziehe sich jedoch erst während der eigentlichen Embryonalentwickelung (S. 39). — Zu erwähnen ist noch, dass Oellacher das Hornblatt zu einer gewissen Zeit über den Keimwulst hinauswachsen sah (S. 17. 21). Auf die besonderen von Oellacher ausführlich beschriebenen Verschiedenheiten der einzelnen Keimblätter schon während der frühesten Entwickelungsperiode kann in diesem Aufsatze nicht eingegangen werden.

In der vorläufigen Mittheilung über die Entwickelung der Forelle, welche ich vor nunmehr vier Jahren im Centralblatte für die medicinischen Wissenschaften erscheinen liess, heisst es wörtlich: „Nach beendigter Furchung bilden die Zellen des Keims eine linsenförmige Scheibe, welche in einer entsprechenden Vertiefung des Dotters ruht. Darauf verdünnt sich die Mitte des Keims und löst sich vom Dotter, so dass zwischen beiden die Keimhöhle entsteht. Dann schlägt sich der Rand des Keims auf einer Seite nach unten

um und breitet sich an der unteren Fläche des Keims aus. Dasselbe geschieht später an der übrigen Peripherie. So besteht der Keim aus zwei Schichten, welche im verdickten Rande zusammenhängen. Wo jener Umschlag begann, bildet sich die Embryonalanlage, indem die tiefere Schicht sich in zwei Blätter sondert, so dass dort im Ganzen drei Blätter über einander liegen." — Ich habe seit jener Zeit über die vorliegende Frage keine neuen Untersuchungen angestellt; die folgende Darstellung stützt sich auf die alten, unverändert erhaltenen Präparate und enthält, da bei der nach Jahren erneuerten Durchsicht der letzteren eine Gelegenheit zu Correcturen sich nicht bot, lediglich eine weitere Ausführung jener ersten kurzen Niederschrift.

Die linsenförmigen, in eine Vertiefung des Dotters eingebetteten Keime übergehe ich in der Beschreibung, da sie ausser dieser Form und der mit den Keimen der nächsten Stufe übereinstimmenden Zusammensetzung keine erwähnenswerthen Merkmale besitzen. — Die sich daran schliessenden Durchschnittspräparate beziehen sich auf Keime, welche eben anfingen sich auszubreiten (Fig. 1). Da diese Ausbreitung unter entsprechender Abnahme des Dickendurchmessers des Keims vor sich geht, so liegt ihr offenbar eine Verschiebung der Keim- oder Embryonalzellen zu Grunde, wobei ich bemerke, dass, da jene Abnahme im ganzen Keime stattfindet (Fig. 1—4), auch die Ausbreitung sich auf den ganzen Keim beziehen muss. Zugleich nimmt der Durchmesser der Embryonalzellen stetig ab, d. h. geht die Vermehrung derselben durch Theilung ununterbrochen fort. Diese Gleichzeitigkeit beider Bewegungen, von denen die eine das Ganze, die andere die einzelnen Theile des Keimes betrifft, legt die Frage nahe, ob dieselben nicht in innigem Zusammenhange stehen. Wenn man überlegt, dass jede Zellentheilung mit einer Raumverschiebung verbunden ist, so genügte in der That der Nachweis umfassender Theilungsvorgänge, um unter Ausschluss anderer hypothetischer Bewegungsursachen in der Formveränderung des Keims nur den einfachen Ausdruck für die Summirung der vielen kleinen Theilbewegungen zu erkennen. Allerdings muss dabei angenommen werden, dass jene Theilungen nicht gleichmässig nach allen Seiten, sondern überwiegend in einer solchen Richtung (also der senkrechten) erfolgen, dass dadurch die Ausbreitung des Ganzen in einer bestimmten Ebene (nämlich der horizontalen) gewährleistet wird. Eine solche Annahme bestätigt sich aber überall, wo man

jene Theilungen unmittelbar controliren kann, also im Anfange des sogenannten „Furchungsprocesses“, welcher ja direct in die Zellenvermehrung des Keims übergeht.

Die Zusammensetzung des in Rede stehenden Keims weicht von derjenigen der linsenförmigen Keime nicht ab; die ziemlich gleich grossen, rundlich-eckigen Zellen bilden, indem sie sich vielfach berühren, eine compacte, aber regellos gefügte Masse, ohne jedoch fest zusammengedrückt zu sein. Eine Ausnahme davon macht wie schon im vorigen Stadium die äusserste Zellenlage an der freien Oberfläche des Keims (Fig. 1. d s), deren Elemente sich zu einem festeren, hautartigen Gefüge zusammenschliessen. Diese Schicht, welche sich während des grösseren Theils der Entwickelungszeit dauernd erhält, kann daher als erste Sonderung des Keims betrachtet werden. Da sie, wie in einem späteren Aufsatze ausgeführt werden soll, an der Entwickelung der darunter gelegenen Embryonalanlagen des oberen Keimblattes keinen Antheil hat, vielmehr den Embryo sammt dem Dottersacke nur äusserlich überzieht, so erscheint sie als eine Art von Schutzhülle für den sich entwickelnden Embryo, deren Bildung vielleicht gerade durch den Einfluss der umgebenden Flüssigkeit hervorgerufen wurde. Diese Bedeutung hat sie aber nur während den früheren Entwickelungsperioden; später schliesst sie sich der übrigen Oberhaut an, welche aus dem oberen Keimblatte hervorgeht, verdient also den Namen einer Umhüllungshaut im Reichert'schen Sinne nicht. Ebenso wenig bildet sie aber auch nur eine besondere Hornschicht der späteren Epidermis, sondern betheiligt sich alsdann unter Verlust ihrer Selbstständigkeit an verschiedenen Hautbildungen. Daraus ergibt sich also, dass sie kein besonderes Keimblatt in dem gewöhnlichen Sinne darstellt, sondern als eine durch besondere Umstände, welche höchst wahrscheinlich in dem umgebenden Medium zu suchen sind, schon am indifferenten Keime hervorgerufene Sonderung aufzufassen ist, welche nach der Entwickelung und ersten Umbildung der Keimblätter sich dem obersten derselben anschliesst und endlich vollständig in dasselbe aufgeht. Diese ihre Bedeutung als zeitweilige Schutzhülle und ihre eigentliche Zugehörigkeit zum oberen Keimblatte offenbart sich besonders deutlich an den Eiern und Embryonen der Batrachier; dort ist ihre Selbstständigkeit zeitlich und räumlich viel beschränkter, indem sie in die wichtigsten Embryonalanlagen des oberen Keimblattes ungesondert übergeht und viel früher als bei den Fischen

mit der tieferen Epidermisschicht verschmilzt. Dass sie aber bei diesen Entwickelungsvorgängen nicht etwa eine besondere, von dem übrigen oberen Keimblatte abweichende und nur der Beobachtung bisher entgangene Rolle spiele, erweist sich aus der Entwickelungsgeschichte der höheren Wirbelthiere, welche keinen hier in Frage kommenden Körpertheil der Betrachier und Fische vermissen lassen, obgleich ihren Keimen und Embryonen die besprochene Schicht fehlt. Ich betrachte daher die letztere als gleichsam anticipirte, vergängliche Sonderung des oberen Keimblattes, welche für die morphologische Wirbelthierentwickelung ohne Bedeutung, nur den besonderen physiologischen Verhältnissen der im Wasser sich entwickelnden Eier entspringt und desshalb auch nur die ganz allgemeine Bezeichnung einer Deckschicht des oberen Keimblattes gegenüber der darunterliegenden Grundschicht verdient.

Wenn aber die vorliegende Entwickelungsstufe des Keims bezüglich seiner Zusammensetzung sich von der vorigen nicht unterscheidet, so sind dagegen in seiner Form und Lage Veränderungen eingetreten, welche zum Ausgangspunkte der weitern Entwickelung werden. Zunächst gehört hierher die Bildung der Keimhöhle (kh). Ob das, was ich von ihr zuerst gesehen, wirklich ihr erster Anfang ist, weiss ich freilich nicht; ich constatire nur, dass sie sich schon an einem Keime, der seine biconvexe Gestalt noch nicht verloren hat, als spaltartiger Raum zwischen seinem mittleren Theile und dem Boden der ihn aufnehmenden Dottergrube befindet, und diese Lage bis zur Bildung der Embryonalanlage beibehält (Fig. 1—5). Ihren Abschluss nach aussen erhält sie dadurch, dass die Peripherie des Keims in einer gewissen Breite am Umfange jener Grube dem Dotter angefügt bleibt; dass dieser peripherische Keimtheil, auf den ich die Bezeichnung des Keimrandes (r und r′) beschränke, nicht überall gleich breit ist, wie gleich näher ausgeführt werden soll, also der äussere Umfang desselben zum Mittelpunkte der Keimhöhlendecke nicht genau concentrisch liegt, hebt die obige Behauptung wenigstens nach allen meinen Präparaten nicht auf, da die Differenz in der Breite des Keimrandes gegenüber der Ausdehnung der Keimhöhlendecke unerheblich bleibt. Noch will ich hier gleich vorausgreifend bemerken, dass während der weiteren Untersuchung des Dotters durch den Keim auch die Keimhöhle sich entsprechend ausbreitet, aber indem ihr Boden dabei sich allmählich convex hervorhebt, ihre spaltartige Form behält (Fig. 5—7).

Noch mehr als die Bildung der Keimhöhle fällt die Formveränderung des sich ausbreitenden Keims in die Augen. Die andauernde gegen die Peripherie des Keims gerichtete Zellenverschiebung verwandelt denselben nicht etwa in eine gleichmässig dicke Scheibe, sondern indem der ganze Keim im allgemeinen dünner wird, rückt sein grösster Dickendurchmesser aus der ursprünglichen centralen Lage gegen eine Stelle des Keimrandes (r') vor, welcher breiter und mächtiger bleibt als im übrigen Umfange, so dass also der ganze Keim auf dieser Seite dicker erscheint. Dies erkennt man schon in der Flächenansicht an erhärteten Keimen, indem der dickere Theil weisser aussieht als der dünnere, welcher die Keimhöhle schon von Anfang an etwas durchscheinen lässt. Dadurch wird man in den Stand gesetzt, die Durchschnitte an verschiedenen Keimen fast in derselben bestimmten Richtung, nämlich parallel zu dem Durchmesser, welcher jene beiden Theile halbirt, auszuführen und so den in Rede stehenden Entwickelungsgang des Keims sicher zu verfolgen. Oellacher hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass diese Schnittrichtung nach der Anlage des Embryo zur sagittalen werde. — Jene sehr frühe erkennbare ungleiche Ausbildung des sich im allgemeinen verdünnenden Keims ist natürlich nur der Ausdruck dafür, dass die eine Hälfte desselben sich leichter und schneller ausbreitet als die andere. Die eigentlich veranlassenden Ursachen dieser Erscheinung konnte ich nicht entdecken, dagegen lässt sich die Frage discutiren, worin der thatsächliche Vorgang dabei beruhe, ob nämlich der Keim sich nur einseitig in der Richtung von der dicken zur dünneren Hälfte ausdehne, so dass die letztere die Bewegung einleitet und jene in derselben Richtung einen langsameren Nachschub liefert, während der ihr zugehörige Keimrand nicht von der Stelle rückt, — oder ob trotz dieses Anscheins der Keim in seinem ganzen Umfange, wenn auch in verschiedenem Grade von der Mitte gegen den Rand, also centrifugal auswachse. Zur Entscheidung der Frage halte ich es für nöthig, zuerst die nächstfolgenden Entwickelungsstufen vorzuführen, wie sie sich an aufeinander folgenden Sagittalschnitten darstellen. Dazu bemerke ich im voraus, dass die absoluten Masse verschiedener Keime auf gleichen Entwickelungsstufen von einander mehr oder weniger abweichen, so dass man nur auf die relativen Veränderungen der einzelnen Durchschnitte Rücksicht nehmen kann.

Wann die bezeichnete Ungleichheit im Keime zuerst auftritt,

kann man genau genommen von einer dickeren und einer dünnern Hälfte desselben gar nicht reden; es ist eben nur der grösste Dickendurchmesser aus dem Centrum verschoben, so dass die Mächtigkeit des Keims in der Richtung dieser Verschiebung oder der späteren Medianebene bis zum zugeschärften Keimrande auf der einen Seite jäher, auf der andern allmählich abnimmt (Fig. 1). Indem aber jener Durchmesser der dicksten und breitesten Stelle des Keimrandes immer näher rückt, und so die ganze relative Keimverdickung sich nach dieser Seite zusammenzieht, auf der anderen dagegen mit der im allgemeinen zunehmenden Verdünnung eine Vergrösserung des verdünnten Theils Hand in Hand geht, kann man erst zwei ungleiche Keimhälften unterscheiden (Fig. 3), von denen die eine den dickeren Theil der Keimhöhlendecke (e) mit dem stärksten Abschnitte des Keimrandes (r'), die andere von beiden die schwächeren Hälften enthält. Diese Keimhälften gehen aber so allmählich in einander über, dass von einer thatsächlichen Grenze nicht die Rede sein kann und man gezwungen ist, um sich vor willkürlichen Annahmen zu schützen, die künstliche Grenze in die Mitte der Keimlänge zu verlegen. Bei einer weiteren Prüfung der geschilderten Keime findet man, dass unbeschadet dem eben angeführten Massenverhältniss beider Keimhälften zu einander, in jeder derselben für sich das frühere Verhältniss der Massenvertheilung sich stetig verändert, indem der grösste Dickendurchmesser, welcher in beiden Hälften ursprünglich centralwärts über der Keimhöhle lag, gegen den Rand vorrückt und endlich in denselben übergeht. Auf diese Weise wird die ganze Keimhöhlendecke endlich dünner als der Rand; und dieser, in welchen jene früher verjüngt auslief, verwandelt sich in einen Wulst, den Randwulst (Fig. 3. 4. r, r'), welcher übrigens sei es unter dem Einflusse der dem Keim äusserlich anliegenden Dotterhaut oder aus einer anderen Ursache, nicht an der Oberfläche, sondern nur gegen den Dotter vorspringt. Dieser Randwulst ist im Umfange des ganzen Keims ebenso ungleich, wie früher der einfache Rand, also am stärksten in der Medianebene der dickeren Keimhälfte. Da diese Stelle später in die Embryonalanlage einbezogen wird, nenne ich sie den Embryonaltheil des Randwulstes. An demselben ist auch die Umwandlung des früher zugeschärft auslaufenden Randes in einen mehr gleichmässig dicken, auch am freien Saume stumpf abgerundeten Wulst am auffallendsten. Da die Verschiebung der Zellenmasse des Keimes gegen

die Peripherie überhaupt nicht zu bestreiten ist, so scheint es mir natürlich, die Bildung des Randwulstes aus einer Anstauung der gegen die Peripherie verdrängten Zellen zu erklären, indem der Widerstand, welchen der Rand der Dottergrube der Ausbreitung des Keims entgegensetzt, langsamer überwunden wird, als das Vorrücken der einzelnen Zellen erfolgt. Darf aber diese Auffassung für einen Theil des Randwulstes Platz greifen, so wäre es willkürlich, sie an einer besonderen Stelle, nämlich im Bereiche der dickeren Keimhälfte oder in seinem Embryonaltheile ohne Grund auszuschliessen. — Noch mehr als die Bildung des Randwulstes spricht für meine Auffassung von der allseitigen centrifugalen Zellenverschiebung der wichtige Umstand, dass vom Beginne der Ausbreitung des Keimes an bis zum Erscheinen einer deutlichen Embryonalanlage dessen dickere Hälfte im Allgemeinen an Masse zunimmt, die dünnere dagegen abnimmt [1]). Da ich nun nach meinen Untersuchungen die Behauptung Oellachers, dass die tieferen Schichten der Keimhöhlendecke durch ihre Ablösung von derselben und ihre Einwanderung in den Dotter dem Keime ganz verloren gehen und die Verdünnung jenes Keimtheils herbeiführen, auf das Entschiedenste bestreiten muss, so scheint mir die einfachste Erklärung für die zunehmende Ungleichheit beider Keimhälften, dass im Verlaufe der Ausbreitung ein Theil der Zellen der dünneren Hälfte in die dickere überwandert, also auch in der letzteren eine entschieden centrifugale Zellenverschiebung besteht. Um jedem Missverständnisse vorzubeugen, erinnere ich daran, dass meine „Keimhälften" nicht identisch sind mit den beiden Keimtheilen, welche der subjectiven Werthschätzung als dickere und dünnere erscheinen mögen. Bei solcher Art der Bestimmung könnte man allerdings aus der Reihe der Durchschnitte Fig. 2—5 unter Umständen gerade das umgekehrte Verhältniss herausfinden, — eine ständige Abnahme der

*) Wie ich schon bemerkte, darf man diese Angabe nicht so prüfen wollen, dass man die entsprechenden Hälften verschiedener Keime mit einander vergleicht. Denn die letzteren unterliegen nicht nur individuellen Schwankungen ihrer Masse überhaupt, sondern die einzelnen Vorgänge treten nicht einmal immer zu relativ gleichen Zeiten ein. Man muss also bei der bezeichneten Prüfung zunächst nur das Verhältniss beider Hälften derselben Durchschnitte und darauf den Unterschied dieses Verhältnisses wesentlich am Anfang und am Ende der angegebenen Periode sich zu veranschaulichen suchen.

Verdickung und Zunahme der dünnen Keimpartie, und daraus folgern, dass die letztere aus dem verdickten Theile hervorwachse, welcher alsbald auf den Randwulst reducirt erschiene. Geht man aber alsdann zu den nächstfolgenden Durchschnitten über (Fig. 6), so findet man nicht etwa einen weiteren Fortschritt jenes scheinbaren Vorgangs, sondern gerade ein entgegengesetztes Resultat: die Keimhöhlendecke ausserordentlich verdünnt, ohne entsprechend ausgebreitet zu sein, die Verdickung dagegen im selben Verhältnisse gewachsen. Zur Lösung dieses Widerspruchs braucht man nicht sich nach besonderen Hypothesen umzusehen: sie ergiebt sich ganz natürlich, wenn man sich erst klar gemacht hat, dass jene Werthschätzung ohne eine objective ihr zu Grunde liegende Bestimmung zur Deutung der Vorgänge ganz untauglich ist. Die Keimhöhlendecke besitzt von ihrem erstem Entstehen an niemals eine gleichmässige Mächtigkeit, sondern schwillt in sagittaler Richtung von der Seite des schmäleren Keimrandes gegen dessen breiteste Stelle allmählich an. Diese Anschwellung bildet anfangs den grössten und mächtigsten Abschnitt des „dickeren Keimtheils" und der ohne eigentliche Grenze sich anschliessende Keimrand nur den geringeren Abschnitt desselben (Fig. 1. 2). Dieses Massenverhältniss beider Abschnitte verändert sich darauf, aber immerhin innerhalb der dicker bleibenden Keimhälfte, so dass also auch jene Anschwellung der Keimhöhlendecke bestehen bleibt (Fig. 3. 4. e). Will man nun die letztere von der Bezeichnung des „dickeren Keimtheils" ausschliessen und diese auf den Embryonaltheil des Randwulstes beschränken, so gewinnt dieselbe Bezeichnung eine ganz neue Bedeutung; und wenn man dies übersieht, kann man zu dem Trugschlusse kommen, dass jene Anschwellung der Keimhöhlendecke, ursprünglich selbst der grössere Abschnitt des verdeckten Keimtheils, aus diesem hervorgewachsen sei. Hält man dagegen daran fest, dass sie nur während der allgemeinen Ausbreitung des ganzen Keimes also auch seiner dickeren Hälfte, als Theil der letzteren zu Gunsten des anderen Theils oder des anstossenden Randwulstes an Mächtigkeit verloren hat, so wird man gerade der Auffassung einer centrifugalen Zellenbewegung auch in diesem Abschnitte des Keims sich nicht verschliessen können. Die Zusammengehörigkeit der bezeichneten beiden Theile ergiebt sich aber noch in anderer Beziehung aus den folgenden Entwickelungsstufen, welche lehren, dass die Anschwellung der Keimhöhlendecke, indem sie sich gegen den anstossenden Embryonal-

theil des Randwulstes beständig zusammenzieht, mit ihm gemeinsam die Bildung der Embryonalanlage ausführt, und daher als Embryonaltheil der Keimhöhlendecke unterschieden werden kann. Beide Embryonaltheile gehören also von Anfang an zusammen und bilden so den Keimtheil, welcher allein füglich als der dickere unterschieden werden mag. — Ich habe aber von einer Zusammenziehung desselben gegen die zugehörige Peripherie des Keims gesprochen und muss mich beeilen, diesen Ausdruck zu erläutern. Die ganze bisher betrachtete Umbildung des Keims läuft nach dem Voranstehenden auf Folgendes hinaus. Die Ursache seiner allgemeinen Ausbreitung, die centrifugale Zellenverschiebung, wirkt von Anfang an am stärksten nach der Seite, wo die Embryonalanlage entstehen wird, und da einer dieser Zellenverschiebung entsprechenden Ausbreitung des Keims sich ein Widerstand erhebt, staut sich die gegen die Peripherie gedrängte Zellenmasse erst am Rande an (Embryonaltheil des Randwulstes). Dadurch entzieht sich die noch nicht in gleichem Maasse angehäufte Zellenmasse des anstossenden, immerhin relativ dicken Theils der Keimhöhlendecke zunächst der Anfmerksamkeit. Darauf wächst aber die Zellenanstauung nach bekannten Gesetzen gleichsam rückwärts, erscheint also im Anschlusse an den Embryonaltheil des Randwulstes auch in dem benachbarten Embryonaltheile der Keimhöhlendecke, so dass beide zu einer ungesonderten Anschwellung zusammenfliessen; und diese fortschreitende von der übrigen Keimhöhlendecke sich abhebende stärkere Anschwellung wollte ich durch den Ausdruck „Zusammenziehung" bezeichnen. Doch beschränke ich ihn durchaus nicht auf die kurze Verdickung (e), welche während der ersten Bildung der Embryonalanlage unmittelbar vor oder centralwärts von deren peripherischem Abschnitte (r') erscheint (Fig. 4. 5) Vielmehr beweist schon die folgende Entwickelungsstufe, dass jene Anschwellung gegen das Keimcentrum noch fortwächst, aber nach dem Gesagten nicht durch eine active Wachsthumsbewegung, sondern nur durch Anlagerung der gerade in entgegengesetzter Richtung heranwandernden Zellen. Da diese aber zuletzt aus dem nicht embryonalen Theile der Keimhöhlendecke stammen, welcher eben dadurch verschmächtigt wird, so ist es klar, dass bis zu der Zeit, wo die Embryonalanlage von dem übrigen Keime ganz bestimmt gesondert ist, von keinem Theile des Keims, am wenigsten aber von einer

Stelle des Randwulstes, ausgesagt werden kann, dass er die Elemente jener Anlage vollständig enthalte.

Wenn es nun aber meine Ansicht ist, dass die centrifugale Zellenverschiebung nach der Seite der künftigen Embryonalanlage am stärksten wirke, also mehr als die Hälfte der ursprünglichen Zellenmasse des Keims in dieselbe eingehe, so ist damit nicht gesagt, dass diese dickere Keimhälfte eine entsprechend stärkere Ausbreitung erfahre. Es ist vielmehr ganz natürlich, dass die stärkere Zellenansammlung in den Embryonaltheilen die Hindernisse der entsprechenden Ausbreitung vermehrt, der dünnere Keimtheil dagegen sich leichter ausbreitet; nur ist bei dem Mangel einer bestimmten Grenze zwischen beiden Keimtheilen ein Maass ihrer verschiedenen Ausdehnung nicht vorhanden. Uebrigens genügt zunächst vollkommen die aus den angeführten Beobachtungen sich als wahrscheinlichste ergebende allgemeine Annahme, dass die embryonale Seite des Keims an Masse wächst und dabei oder daher sich weniger ausbreitet, der ausserembryonale Keimtheil unter beständiger Verdünnung relativ schnell den Dotter umwächst, auf diese Weise die Dottersackhaut herstellend.

Einen Punkt will ich noch gleich hier zur Sprache bringen: die Vermehrung der Keimmasse durch Ernährung. Sowie das Vorhandensein der letzteren während der Embryonalentwickelung überhaupt, kann auch die Wahrscheinlichkeit derselben selbst während der ersten Umbildungsacte des Keimes nicht in Abrede gestellt werden. Dabei ist aber wohl zu berücksichtigen, dass so lange die Keimbildung so einfach und alle Keimzellen so vollständig gleichartig bleiben, wie es bis nach der ersten Bildung der Embryonalanlage der Fall ist, die Annahme einer in beschränkten Keimtheilen ausserordentlich verstärkten Ernährung und eines daraus folgenden einseitig überwiegenden Wachsthumes durch nichts gerechtfertigt erscheint. Daher halte ich dafür, dass die Ernährung während der genannten Zeit, wenn sie überhaupt nachweisbar ist, bis auf etwaige unerhebliche Schwankungen den ganzen Keim gleichmässig betrifft; und da, wie ich mehrfach bemerkte, nicht die absoluten Maasse verschiedener, sondern die relativen Maassverhältnisse der einzelnen Keime der Beurtheilung der Vorgänge zu Grunde gelegt werden müssen, so können die Folgen der Ernährung dabei überhaupt gar nicht in Betracht kommen.

Mit der Ausbildung des Randwulstes schliesst gewissermassen

eine erste Periode der Entwickelung des Keims. Die zweite beginnt mit dem Vorgange, welchen ich in der vorläufigen Mittheilung als Umschlag des Keimrandes bezeichnet habe, und umfasst die eigentliche Bildungsgeschichte der Keimblätter. Die zuletzt beschriebene Gestalt des Keimes lässt in morphologischer Hinsicht den Unterschied einer düneren Mitte (Keimhöhlendecke) und einer verdickten Randzone (Randwulst) hervortreten; im Hinblicke auf die spätere Bedeutung dagegen lassen sich wenigstens annähernd die Grenzen des Embryonaltheils und des für den Dottersack bestimmten Keimtheils erkennen. Abgesehen von den Differenzen in der Mächtigkeit des ganzen Keimes, welche jenen Unterscheidungen zu Grunde liegen, enthält er zur selben Zeit unter der Deckschicht keine Spur einer Sonderung innerhalb seiner Zellenmasse; Keimhöhlendecke und Randwulst bilden eine gleichartige Schicht indifferenter Zellen, welche mit Rücksicht darauf, dass ihr formaler Bestand trotz der folgenden Bildung neuer Schichten erhalten bleibt, als primäre Keimschicht beseichnet werden kann. Die Bedeutung der Deckschicht habe ich schon auseinander gesetzt; hier schliesse ich nur einige Bemerkungen über ihr Verhalten während der nächstfolgenden Entwickelungsstufen an. Gerade so wie der ganze Keim bei seiner Ausbreitung verdünnt sich dabei auch die Deckschicht; da sie aber nur aus einer Zellenlage besteht, spricht sich die Verdünnung an den einzelnen Zellen durch ihre Abplattung aus. Die letztere erfolgt nach meinen Beobachtungen im allgemeinen gleichzeitig und gleichmässig an der ganzen Oberfläche des Keims; und wenn ein Theil der Deckschicht darin etwas träger erscheint, so ist es gerade der äusserste Saum, dessen Zellen die anderen an Grösse meist übertreffen. Damit wird aber durchaus nicht die Richtigkeit, sondern nur die ausschliessliche Geltung der gegentheiligen Beobachtung Oellachers angefochten, wonach die Abplattung der Zellen zuerst in einer breiten peripherischen Zone, und erst später in der Mitte erfolgen soll. Ich halte dies für eine der Schwankungen im Verlaufe der einzelnen Entwickelungsvorgänge, die ich nicht selten beobachtete und auf die ich bereits hinwies. Dagegen ist die Oellacher'sche Beobachtung insofern interessant, als sie ein gewisses Zeugniss für meine Auffassung von der Ausbreitung des Keims ablegt. Darf man nämlich die Abplättung der Zellen in der Deckschicht für den Ausdruck ihrer Ausbreitung halten, so folgt aus jener Thatsache, dass wenigstens die Deckschicht

in den Oellacher'schen Objecten concentrisch und nicht bloss nach einer Seite sich ausbreitete. Hieran schliesse ich gleich die Bestätigung der anderen Beobachtung Oellachers, dass die Deckschicht in etwas späterer Zeit am Embryonaltheile des Randwulstes über dessen äussersten Saum mit einigen Zellen hinausragt (Vgl. Oellachers Abbildungen Fig. 4—6).

Der Ausgangspunkt eines neuen Entwickelungsvorganges ist der Embryonaltheil des Randwulstes, und zwar zu einer Zeit, wann der anstossende Embryonaltheil der Keimhöhlendecke noch wenig deutlich erscheint. Jener Vorgang, eben der „Umschlag" der primären Keimschicht beginnt aber nicht immer in demselben Stadium der Ausbreitung des Keims; er war noch nicht sichtbar in dem Keime, dessen Mediandurchschnitt in Fig. 3 abgebildet ist, dagegen in dem folgenden (Fig. 4) bereits vorhanden, obgleich dieser weniger verdünnt und ausgebreitet war als jener. Eingeleitet wird er dadurch, dass die untere Hälfte vom Embryonaltheile des Randwulstes sich in der Weise von der oberen Hälfte ablöst, dass beide am äusseren Saume im Zusammenhange bleiben, die untere Zellenmasse aber nach innen, gegen die Keimhöhle einen freien Rand erhält. Die Richtung dieser Sonderung steigt von der Keimhöhle nach aussen ein wenig an, so dass die obere Schicht des Randwulstes von dem an der Sonderung unbetheiligten Embryonaltheile der Keimhöhlendecke an nach aussen sich etwas verdünnt, die untere Schicht dagegen in umgekehrter Richtung gegen die Keimhöhle verjüngt ausläuft. Diese zuerst bloss am Embryonaltheile des Randwulstes erscheinende Sonderung setzt sich darauf auch auf den übrigen Umfang desselben fort; und indem jene untere Schicht mit ihrem freien inneren Rande, dessen Zellengefüge sich merklich gelockert hat, in centripetaler Richtung an der unteren Fläche der früheren Keimhöhlendecke auswächst, entsteht unter der primären Keimschicht eine neue, welche, obgleich aus der ersteren stammend, deren formalen Bestand nicht aufhebt, also mit Recht als secundäre Keimschicht bezeichnet werden kann. — Bevor ich jedoch auf ihre weitere Entwickelung näher eingehe, will ich ihre Bildung im Allgemeinen einer Betrachtung unterziehen.

Dass diese Bildung im weiteren Verlaufe auf einem Auswachsen des freien Randes beruhe, lässt sich nach meinen Untersuchungen nicht wohl bestreiten; anders könnte aber ihr erster Anfang im Randwulste aufgefasst werden. Wenn derselbe auch unzweifelhaft

ein solches Bild hervorruft, dass man von einem faltenartig nach unten umgeschlagenen Keimrande sprechen kann, so liesse sich dagegen einwenden, dass dieser Ausdruck wohl auf die fertige Erscheinung, nicht aber auf deren Genese passe, da sich dieselbe ohne einen activen Umschlag des Keimrandes auf eine Schichtsonderung zurückführen lasse, wie sie an ruhenden Zellenmassen vorkomme so z. B. bei der Bildung der Deckschicht. Nun ist aber der Randwulst durchaus keine ruhende Zellenmasse, sondern stellt nur den Ausdruck dar für die ununterbrochen anhaltende Anhäufung derjenigen an die Peripherie verschobenen Zellen, welche bei dem durch gewisse Widerstände bestimmten Maximum der Ausbreitung der primären Keimschicht den Ueberschuss bilden. Dieser an der unteren Seite des Keimrandes erscheinende Ueberschuss muss nach den Voraussetzungen seiner Bildung zuerst am äussersten Umfange des Keims auftreten, von wo aus er als der gegen den Dotter vorspringende Bauch des Randwulstes in Folge des anhaltenden Nachschubes auch in centripetaler Richtung — in Bezug auf die Mitte des Keims — wächst. Damit stimmt die Beobachtung überein, dass der noch ungesonderte Randwulst in der Nähe des äusseren Umfangs am dicksten ist (Fig. 3). Billigt man aber die Vorstellung, dass jene beständig wachsende Zellenansammlung allmählich gegen die Keimhöhle vorrückt, so ergibt sich daraus eine, wie mir scheint ganz natürliche Erklärung für die im Randwulste auftretende Sonderung. Seine obere Hälfte und die an seinem äusseren Umfange aus derselben hervordringende untere Zellenmasse bewegen sich nach dem Gesagten in entgegengesetzter Richtung; dieses Moment muss aber ihre Sonderung im Bereiche der entgegengesetzten Bewegung, also von dem Ursprunge der tieferen Schicht bis zu einem freien inneren Rande derselben, hervorrufen — ein Schluss, welcher sich mit den beobachteten Thatsachen deckt.

So glaube ich denn durch die voranstehenden Betrachtungen es mindestens wahrscheinlich gemacht zu haben, dass die secundäre Keimschicht auch in ihrem Anfange oder innerhalb des Randwulstes nicht durch eine Abspaltung von der schon ursprünglich darüberliegenden Zellenmasse entstehe, sondern aus dem äussersten Rande der primären Keimschicht hervorwachse, um sich weiterhin an deren unterer Fläche auszubreiten. Und nun überlasse ich es dem Leser zu entscheiden, ob dieses Ergebniss mit dem Ausdrucke, welchen ich in meiner vorläufigen Mittheilung der Kürze halber

gebrauchte, nämlich als „Umschlag des Keimrandes nach unten" bezeichnet werden durfte. —

Es erhellt aus der Entwickelungsgeschichte der secundären Keimschicht, dass sie anfangs einen platten Ring bildet, dessen äusserer Rand mit dem Saume der primären Keimschicht zusammenhängt und mit ihm sich über den Dotter ausbreitet. Auch in allen übrigen Beziehungen offenbart die secundäre Keimschicht eine genaue Anpassung an die Verhältnisse der primären Keimschicht. Dass zunächst die letztere unter ihrem Embryonaltheile einen breiteren und dickeren Abschnitt der secundären Keimschicht entwickelt als im übrigen Umfange (Fig. 5, ss''), ist eine natürliche Folge der geschilderten Ungleichheit der allgemeinen Zellenbewegung. Ferner besitzt die secundäre Keimschicht ebenso wie die primäre eine stärkere Aussenzone und eine schwächere Mitte. Jene, eine compacte Zellenschicht, wächst unter dem Embryonaltheile des Randwulstes hervor und in die Keimhöhle hinein, um sich dem Embryonaltheile der Keimhöhlendecke ebenfalls anzuschmiegen und so die vollständige zweischichtige Embryonalanlage zu bilden, welche alsdann einem Randausschnitte der gesammten Keimschicht gleichkommt. Im Umfange des übrigen schmäleren Randwulstes geht auch die compacte Aussenzone der secundären Keimschicht niemals über dessen innere Grenze hinaus. Indem nämlich der sich daran schliessende Abschnitt der Keimhöhlendecke einen Theil seiner Zellen an die Embryonalanlage abgibt, also um so viel weniger gegen den eigenen Randwulst vorschiebt, kommen endlich die centripetale Zellenverschiebung und die peripherische Ausbreitung der Keimhaut ins Gleichgewicht; dadurch fällt der Grund für ein weiteres Wachsthum des peripherischen Zellenüberschusses oder der secundären Keimschicht fort, und wird ihre Aussenzone in dem Maasse als sie zur Ausbreitung der noch zu beschreibenden Innenzone beiträgt, schwächer, bleibt also mit der sie deckenden, sich gleichfalls stetig verdünnenden primären Keimschicht in Uebereinstimmung (Fig. 5–7). Bezüglich jener Innenzone der secundären Keimschicht (ss') erinnere ich zunächst an die schon früher gemachte Bemerkung, dass der Innenrand der letzteren von Anfang an einen lockeren Zusammenhang der Zellen zeigt. Diese trennen sich mehr oder weniger von einander und rücken scheinbar in kleinen Gruppen oder vereinzelt unter die Keimhöhlendecke vor. Doch halte ich es im Hinblick auf die entsprechenden Entwickelungsvorgänge an den

Keimen anderer Wirbelthiere für wahrscheinlich, dass jene Durchschnittsbilder einem lockeren Netzwerke angehören, welches namentlich mit Rücksicht auf seine Genese als wirkliche Zellenschicht aufgefasst werden darf und die bekannten subgerminalen Fortsätze darstellt. Daher lässt sich auch über das allmähliche Zusammenziehen und das endliche Verwachsen ihres freien centralen Randes nichts aussagen und begnüge ich mich mit der Angabe, dass wenigstens unter dem grössten Theile der verdünnten ursprünglichen Keimhöhlendecke sich jene zerstreuten Zellen finden (vgl. Fig. 7). — Beachtung verdient noch das Verhalten der Keimhöhle während der Bildung der Innenzone der secundären Keimschicht. Zu der Zeit, wann die letztere aus dem Bereiche des Randwulstes hervortritt, ist die Keimhöhle durch die Erhebung ihres Bodens bereits eine flache, ihrer Decke entsprechend gekrümmte Spalte geworden, so dass die eindringende secundäre Keimschicht in ihrem lockeren Zusammenhang sie gewissermassen ganz erfüllt, indem einige Zellen an der Decke hängen und andere am Boden oder in der Mitte zwischen beiden sich befinden (Fig. 5. 6). Da aber die Höhe der Keimhöhle im weiteren Verlaufe noch mehr abnimmt, so werden schliesslich alle Zellen der secundären Keimschicht, sowohl die Decke als den Boden der Höhle berühren, also ein noch vollständigeres Bild ihrer Ausfüllung darbieten (Fig. 7). Noch auffälliger und deutlicher tritt dieses Verhältniss dort hervor, wo die compacte Aussenzone der secundären Keimschicht unter dem Embryonaltheile der Keimhöhlendecke in die Keimhöhle hineinwächst; denn dort füllt sie die letztere thatsächlich ganz aus, so dass der erst später unter der Embryonalanlage zwischen dieser und dem Dotter wieder auftretende spaltenartige Raum bereits als Darmhöhle aufzufassen ist. Dieser Schwund der Keimhöhle unter dem Embryonaltheile ihrer Decke hat eine relative Lageveränderung des noch übrigen Raumes zur Folge, indem die Excentricität desselben ungleich auffallender ist, als diejenige der früheren Keimhöhle, welche immerhin als unter der Mitte des Keims gelegen bezeichnet werden kann (vgl. Fig. 5 und 6).

Während der Rückbildung der Keimhöhle gibt sich endlich eine schärfere Sonderung der Embryonalanlage von der übrigen Keimhaut oder der Anlage des Dottersackes zu erkennen. Sowie die früher angegebene Verschmächtigung des Randwulstes den Widerstand gegen die Ausbreitung der Dottersackanlage vermindert,

steigert sich die Schnelligkeit derselben, womit die zunehmende Verdünnung der primären Keimschicht Hand in Hand geht. Hat endlich die Mächtigkeit derselben bis auf eine einfache Zellenlage unterhalb der Deckschicht abgenommen, so tritt im weiteren Verlaufe gerade so wie schon früher bei der letzteren eine Abplattung der Zellen ein. Indem die zerstreuten Zellen der secundären Keimschicht sich in ähnlicher Weise verändern und dabei der primären Keimschicht enger anschliessen, erscheint der seinem vollen Abschlusse entgegengehende Dottersack abgesehen von der Deckschicht nur aus einer einfachen Zellenlage zusammengesetzt. Immerhin ist für die allgemeine Auffassung daran festzuhalten, dass Dottersack und Embryonalanlage bezüglich ihrer Zusammensetzung sich ursprünglich nur quantitativ unterscheiden, im Uebrigen aber die ganze den Dotter umschliessende Keimhaut eine gleiche Entwickelung hat. Gegen die Embryonalanlage verdünnt sich die künftige Dottersackhaut wenigstens theilweise durch Uebergang der Zellen in die erstere, dadurch deren centrales oder Kopfende verstärkend; in dem Maasse aber, als die Verdünnung dort und hier die Verdickung zunehmen, muss eine schärfere Trennung beider Theile eintreten. (Fig. 6. 7.) Die Embryonalanlage ist also erst dann als wesentlich fertig anzusehen, wenn ihre beiden Keimschichten in ihrem Zelleninhalte stabil geworden, die primäre weder etwas mehr aus der künftigen Dottersackhaut empfängt, noch an die secundäre Schicht abgibt, und diese ebensowenig mehr Zellen in den Bestand jener Haut übergehen lässt. Diese fertige und bereits schildförmige Embryonalanlage ist natürlich grösser als der frühere Embryonaltheil des Randwulstes, welcher als erste Spur derselben imponirt. Da sie aber weder mit diesem noch mit einem anderen bestimmt zu bezeichnenden Keimtheile aus früherer Zeit identisch ist, sondern aus einer eigenthümlich geregelten Zellenbewegung und -Ansammlung hervorging, so kann auch, selbst wenn man nach einer früheren Bemerkung eine allgemeine Ernährung annimmt, die Ausbildung jener Form der Embryonalanlage bloss aus einem eigentlichen Wachsthume derselben von innen heraus nicht erklärt werden.

Wenn ich bisher wohl von den beiden Keimschichten, aber noch nicht von Keimblättern gesprochen habe, so hat dies seinen Grund darin, dass, wie spätere Betrachtungen lehren werden, die bisher unbekannte Bildungsgeschichte jener beiden Schichten von grösserer allgemeiner Bedeutung ist, als diejenige der Keimblätter. — Dass

die primäre Keimschicht nach der Bildung der Embryonalanlage zum oberen Keimblatte oder dem Sinnesblatte werde, brauche ich einem Eingeweihten kaum zu bemerken; daraus ergibt sich von selbst, dass die secundäre Keimschicht das mittlere und das untere Keimblatt oder das Darmblatt umfasst. Dies berechtigt aber noch nicht, die primäre Keimschicht zu jeder Zeit mit dem Sinnesblatte zu identificiren und sich die Vorstellung anzueignen, als ob die beiden unteren Keimblätter aus dem Sinnesblatte hervorwüchsen; bei einem solchen Verfahren könnte man ebenso gut den ganzen ursprünglichen Keim als Sinnesblatt auffassen. Ich verstehe unter den Keimblättern diejenigen definitiven Sonderungsproducte des Keims, welche die unmittelbaren Bildner der einzelnen Organanlagen sind. Die Keimschichten, welche die erste Umbildung des indifferenten Keims darstellen, sind insofern wiederum die Vorgänger der Keimblätter, als in ihnen das Material zu den letzteren erst in der Sonderung begriffen, aber noch nicht definitiv getrennt ist. Die Keimschichten verlieren also ihre eigenthümliche Bedeutung erst dann, wenn die secundäre aus der primären hervorzuwachsen aufhört.

Von den Besonderheiten der Blätterbildung erwähne ich noch, dass, wie ich zu sehen glaube das Darmblatt sich schon während der deutlicheren Abgrenzung der Embryonalanlage sondert (Fig. 6); jedenfalls finde ich es als continuirliche Zellenschicht bereits zu der Zeit, wann der Axentheil der Embryonalanlage kaum die erste Andeutung des späteren Kiels und in diesem zwar eine axiale Verdickung des mittleren Keimblattes — den Axenstrang — darüber aber noch eine Verdünnung des Sinnesblattes als Vorläufer einer erst später sich entwickelnden Verdickung erkennen lässt (Fig. 8). Das Darmblatt reicht aber nur bis in die Nähe der Grenze der Embryonalanlage; seitlich scheint es mit einem freien Rande aufzuhören, während das mittlere Keimblatt allein den ursprünglichen peripherischen Zusammenhang beider Keimschichten aufrecht erhält. Am Kopfende gehen aber beide Keimblätter ungesondert in die gemeinschaftliche Keimschicht über (Fig. 7, ss). Vorausgreifend will ich hier noch hinzufügen, dass die einmal gesonderten Keimblätter zu keiner Zeit und nirgends vorübergehend mit einander verschmelzen; auch am Schwanzende kann von einer solchen Verschmelzung natürlich nicht die Rede sein, da dort die Keimschichten schon ursprünglich in einander übergingen.

Sowie ich selbst die Aufgabe der Keimblätter nicht näher bezeichnet habe, enthalte ich mich einer eingehenden Kritik über die bezüglichen Deutungen meiner Vorgänger; denn da mir eine solche Discussion nicht zweckmässig erscheint, ehe ich meine eigenen Untersuchungen über die weitere Entwickelung des Embryo mitgetheilt, so beschränke ich mich hier lediglich auf die Entwickelungsgeschichte der Keimblätter selbst.

Die Ergebnisse aller Embryologen, welche bisher über die Bildung der Keimblätter der Fische Untersuchungen anstellten, lassen sich, wie ich glaube, in drei Gruppen scheiden. Die erste umfasst die älteste Lehre von der Keimschichtung, wonach der Keim zunächst in zwei Schichten zerfalle, das seröse und das Schleimblatt, von welch letzterem sich später das mittlere Gefässblatt abspalte (Rathke, v. Baer). So sehr ich auch selbst die Existenz zweier Keimschichten betone, so bedarf es doch nach den vorangegangenen Ausführungen nicht vieler Worte, um den nicht unwesentlichen Unterschied beider Darstellungen hervorzuheben. Jene beiden Blätter der älteren Embryologie verhalten sich bezüglich ihrer Genese so zu einander, wie später das dritte, das Gefässblatt zum Schleimblatte, d. h. alle Schichten des Keims werden als Spaltungsproducte desselben aufgefasst, deren Anlagen schon ursprünglich über einander lagen. Meine Keimschichten dagegen entstehen nicht durch Spaltung der Keimmasse, sondern die secundäre wächst aus dem nach unten und innen umgeschlagenen Rande der ursprünglichen einfachen Keimhaut (primäre Keimschicht) hervor, so dass man diese Bildungsweise — um einen kurzen Ausdruck zu gewinnen — als morphologische Umbildung jener histiologischen Absonderung gegenübersetzen kann. —

Das Gemeinsame in der zweiten Gruppe der Darstellungen (Vogt, Lereboullet, Kupffer, v. Bambecke) besteht darin, dass aus dem ursprünglichen, aus der Dottertheilung hervorgegangenen Keime nur zwei Keimblätter und zwar wieder durch Spaltung hervorgehen sollen, während das dritte unterste als spätere Neubildung dazutrete. Ueber den Ursprung des letzteren aus dem Dotter sprechen sich jedoch nur Lereboullet und v. Bambecke ganz entschieden aus. Wenn man ganz einseitig nur die Bildungsgeschichte der Keimblätter berücksichtigt, so entfernt sich diese zweite Auffassung noch weiter als die erste von dem Ergebniss meiner Untersuchungen; denn sie fügt den früheren incorrecten Darstellungen die irrthümliche Angabe hinzu, dass die drei Blätter

eine gemeinsame Grundlage im Keime überhaupt entbehrten. Zudem ist bei Vogt die Neigung nicht zu verkennen, die Bedeutung der Keimblätter, welche er bei den Batrachiern ganz läugnet, auch bei den Knochenfischen auf ein gewisses Maass zu beschränken. Die bei weitem meisten Organe sollen eben aus einer gemeinsamen nicht blattförmigen Grundlage (Embryonalzellen) hervorgehen. Immerhin bieten die bezeichneten Arbeiten in den Einzelheiten der Untersuchung nicht unwesentliche Fortschritte dar, gegenüber den spärlichen älteren Angaben. Namentlich werden v. Baer's Andeutungen über die Bildung des Randwulstes und den Ausgangspunkt der Embryonalanlage weiter ausgeführt, so durch die im Allgemeinen richtigen Angaben Vogt's und Kupffer's, dass jene Anlage durch Zusammenziehung der Zellen aus den tieferen Schichten der angrenzenden Theile entstehe und in Folge dessen ausserhalb der Embryonalanlage endlich nur ein epitheliales Blatt zurückbleibe. Die Bemerkung Lereboullet's, dass der Keim nach dem Beginne seiner Ausbreitung und Verdünnung einer abgeplatteten Blase vergleichbar sei, welche durch die Umwachsung des Dotters zu einer doppelwandigen werde, würde ich mit dem doppelschichtig gewordenen Keime, wie ich ihn sehe, in Uebereinstimmung zu bringen suchen, wenn nicht Lereboullet im weiteren Verlaufe seiner Beschreibung unter Vernachlässigung jener ersten Bemerkung zu neuen Angaben überginge und den Leser über seine eigentliche Vorstellung von der Keimschichtung im Unklaren liesse. Ebenso wenig vermag ich in der Vermuthung v. Bambecke's, dass die Mitte seiner couche intermédiaire aus dem Randwulste hervorwachse, eine Bestätigung der bezüglichen Angabe meiner vorläufigen Mittheilung anzuerkennen, da er jene Keimschicht aus dem Dotter ableitet.

Die letzte der von mir unterschiedenen Gruppen von Darstellungen umfasst Rieneck's und Oellacher's Untersuchungen. Die wichtigste Errungenschaft beider Arbeiten scheint mir zu sein, dass alle Keimblätter wieder gemeinsam vom ursprünglichen Keime abgeleitet werden. Dagegen wird an der nun einmal herkömmlichen, aber nach meinen Beobachtungen irrigen Auffassung festgehalten, dass die genannten Blätter durch eine horizontale Trennung innerhalb der Keimmasse entständen, so dass auch die gemeinsame Anlage des mittleren und unteren Keimblattes in einer anfangs ungesonderten Schicht ebenso wenig wie bei der ältesten Theorie einen directen Vergleich mit meinen Beobachtungen über die erste Keim-

schichtung zulässt. Rieneck gebührt aber das Verdienst, die Existenz und frühzeitige Bildung der Deckschicht festgestellt zu haben. Ihre Bezeichnung als Hornblatt (Rieneck) oder Epidermis (Oellacher) halte ich aber nicht für passend, da sie nach meinen Beobachtungen weder in eine epidermoidale Hornschicht, noch in die ganze Epidermis übergeht. Im Uebrigen hat Rieneck seine Ansicht über die Entwickelung des Fischkeimes wie es scheint wesentlich unter dem Einflusse der gegenwärtig herrschenden Auffassung von der Entwickelung des Hühnerkeims gebildet. Daher lässt er die zu einer gewissen Zeit in der Keimhöhle erscheinenden zerstreuten Zellen, welche nach meinen Untersuchungen der auswachsenden secundären Keimschicht angehören, irrigerweise als subgerminale Fortsätze von der primären Keimhöhlendecke abstammen, und zur Bildung des mittleren und unteren Keimblattes zur Peripherie wandern und sich dort anhäufen. — Diese sowie alle früheren Ansichten über die Anlage des Embryo bekämpft Oellacher auf Grund seiner Untersuchungen, und da er dabei meine vorläufige Mittheilung, welche von seiner Darstellung wohl am meisten abweicht, für die ich aber nunmehr die ausführlichen Belege beigebracht habe, einer besonders eingehenden Kritik würdigt (Nr. 10 S. 32. 33), so wird eine entsprechende Ausführlichkeit meiner Antwort erklärlich erscheinen.

Zuerst hebt Oellacher hervor, dass ich die Keimhöhle unter dem centralen Theile des Keimes entstehen lasse und daher nicht wisse, „dass von Anbeginn der Entstehung der Keimhöhle der dem Dotter noch aufliegende pheriphere Theil des Keims, der Keimwulst an einer Stelle dicker sei, als an allen übrigen. Alle diese Forscher wurden auf jene verdickte Stelle des Keimsaumes erst aufmerksam, nachdem sie sich bedeutend vergrössert hatte, also kurz vordem der Embryonalschild sich von ihr aus oder vor ihr anzulegen beginnt.“ Ich muss allerdings einräumen, dass ich möglicherweise nicht den ersten Anfang der Keimhöhle sah, indem meine erste Abbildung offenbar zwischen die beiden ersten von Oellacher gegebenen fällt. Es mag sein, dass sie, wie er angibt (Nr. 10. S. 19), „unter einem peripheren Theile des Keimes“ entsteht, obgleich dies aus Oellacher's erster Figur nicht hervorgeht; denn ein Theil, welcher den Mittelpunkt der Keimscheibe enthält, kann doch nicht wohl „peripher“ genannt werden. Jedenfalls befindet sich aber, nach meinen Beobachtungen, die Keimhöhle sehr bald nach ihrem Entstehen und bevor noch aus dem zugeschärften Keimrande ein Wulst

geworden, unter der Mitte des Keims und behält diese Lage während ihres unbeschränkten Bestandes. Und damit stimmen Oellacher's betreffende Abbildungen (Fig. 2. 3) vollkommen überein; in seiner Fig. 4. 5 ist aber bereits die ursprüngliche Keimhöhle nach seinen eigenen Angabe durch das Hineinwachsen der Embryonalanlage an dieser Seite bedeutend verdrängt (Nr. 10. S. 20. 29), gerade sowie ich diese Verdrängung durch das Hineinwachsen der secundären Keimschicht erfolgen sehe. Bei meiner Beschreibung der Keimhöhle ist aber natürlich nicht ausgeschlossen, dass die mittlere Lage von Anfang an etwas excentrisch sei [1]), also der dem Dotter aufliegende Keimrand auf einer Seite breiter sei, als im übrigen Umfange. Wenn ich dies sowie manches andere in der vorläufigen Mittheilung zu bemerken unterliess, und dadurch Oellacher Gelegenheit gab, mir diese Unterlassung als verhängnissvolle Unkenntniss auszulegen, so dürfte dieser Aufsatz, welcher wie gesagt nur nach dem alten Material ausgearbeitet wurde, bekunden, dass ich ohne jene Beobachtung meine ganze Auffassung von der Entwickelung des Keims nicht wohl hätte concipiren, ja überhaupt nicht die auch zu einer unvollständigen Mittheilung unerlässlichen Sagittalschnitte ausführen können, deren Richtung gerade durch die äusserlich sichtbare Ungleichheit des Keims bestimmt wird. Betreffs dieser ursprünglichen Ungleichheit des sich ausdehnenden Keims schliesse ich mich also Oellacher vollkommen an; damit hört aber auch jede Uebereinstimmung zwischen unseren beiderseitigen Darstellungen auf, so dass ich nicht etwa versuchen kann, dieselbe durch Zurechtstellung untergeordneter Punkte herbeizuführen, sondern nur auf Einzelnes eingehend, die Entscheidung im Grossen und Ganzen dem Urtheile des Lesers oder der Nachuntersuchung überlassen muss.

Die erste Differenz betrifft die Art der Ausbreitung des Keims. Oellacher behauptet, dass dieselbe einseitig, nur innerhalb des verdünnten Keimtheils erfolge, und der verdickte Theil seinen ursprünglichen Platz nicht verlasse. Zur Begründung dieser Behauptung wird wenigstens für die Periode der Keimblätterbildung auf bestimmte Beobachtungen nicht verwiesen; man muss also annehmen, dass

1) Da Oellacher bisweilen (Nr. 10. S. 11. 14) von einer „excentrischen Stelle" des Keims spricht, an welcher die Keimhöhle beginne, so bemerke ich zur Vermeidung von Missverständnissen, dass „excentrisch" und „peripher" nicht identische Ausdrücke sind.

Oellacher dies für eine selbstverständliche Folgerung aus dem vorher Mitgetheilten hält. Darunter findet sich aber nur eine hierher bezügliche Angabe, nämlich dass ein grosser Theil der Zellenmasse der verdickten Keimhälfte in die Keimhöhlendecke überginge, also die Zellenbewegung einseitig und zwar eben in jener fraglichen Richtung der Ausbreitung des Keims stattfände. Dieser Vorgang soll, wie Oellacher später berichtet, eine „lange Zeit" — bis zur Entstehung des Sinnesblattes im verdickten Keimwulste oder nunmehr der „primitiven Embryonalanlage" — dauern (Nr. 10. S. 19). Folgerichtig müsste die Masse der Keimhöhlendecke während jener Zeit, also mindestens bis zu dem von Oellacher in Fig. 3 veranschaulichten Stadium, beständig zu-, diejenige der künftigen Embryonalanlage in gleichem Verhältnisse abnehmen. Damit stimmen aber weder Oellacher's eigene Abbildungen Fig. 2. 3, noch meine Beobachtungen überein; danach erfolgt vielmehr gerade das Gegentheil und zwar über jene Zeit hinaus bis zur Vollendung der Embryonalanlage. Dieser Widerspruch, auf den ich schon in meiner Darstellung hinwies, liesse sich vom Standpunkte Oellacher's nur durch die von ihm aufgestellten Hypothesen lösen, dass der dickere Keimtheil oder die Embryonalanlage durch eine ausserordentliche, natürlich auf sie beschränkte Ernährung „enorm" wüchse (Nr. 10. S. 29. 30), die Keimhöhlendecke aber einen grossen Theil ihrer Zellen, nämlich die tieferen Schichten, vollständig verlöre. Wenn Oellacher die letztere Ansicht aus unmittelbarer Beobachtung zu schöpfen glaubt, indem er die fraglichen Zellen in den Dotter einwandern sieht, so befindet er sich eben in einem sehr auffallenden Irrthum. Ich habe an vielen hundert Durchschnitten aus der ersten Zeit der Entwickelung nicht eine Spur von Zellen im Dotter, sondern an den Stellen, wo Oellacher sie abbildet, nur grosse kernähnliche Gebilde gefunden, welche in Form, Grösse und Zusammensetzung nicht die geringste Aehnlichkeit mit den Embryonalzellen besitzen. Wenn aber unter solchen Umständen, wie ich es in der Beschreibung auseinandergesetzt, die grösste Wahrscheinlichkeit sich ergiebt, dass die Keimhöhlendecke einen Theil ihrer Zellen an die sich entwickelnde Embryonalanlage abgibt, so ist natürlich auch jene erstere Hypothese Oellacher's vom enormen Wachsthume derselben durch ausserordentliche Ernährung überflüssig. Damit fällt aber auch jede Stütze für seine Annahme, dass Zellenbewegung und Ausbreitung am Keime nur einseitig erfolgen. Zudem hat er eine aus meinen

Untersuchungen wie ich glaube sehr deutlich hervortretende und ebenfalls gegen jene Annahme sprechende Thatsache nicht genug beachtet oder nur ungenügend erkannt, — ich meine die Bildung des Randwulstes (Keimwulst Oell.) Er unterscheidet einmal allerdings den ursprünglichen Keimsaum von dem sich daraus entwickelnden Keimwulste, aber nur im Bereiche der dünneren Keimhälfte (Nr. 10. S. 2. 3); dass die wulstige Randverdickung auch in der dickeren Keimhälfte sich allmählich ausbilde, dass also der grösste Dickendurchmesser des Keims anfangs gar nicht im Rande, sondern über der Keimhöhle liege, dafür liefern weder der Text, noch die Abbildungen Oellacher's den geringsten Anhaltspunkt. Im Gegentheil wird die breiteste Stelle des dem Dotter aufliegenden Keimtheils von Anfang an „Keimwulst" genannt (Nr. 10. S. 18. 19. 32) und durchgängig als dickster Theil des Keimes überhaupt abgebildet (Fig. 1—3 Oell.), so dass also offenbar die Stadien, welche ich in meinen Fig. 1. 2 darstelle, auf irgend eine Weise übergangen wurden. Dies mag aber jene von mir bekämpfte Auffassung Oellacher's über die Zellenbewegung im Keime veranlasst haben, welche zudem nur mit Hülfe der beiden oben bezeichneten, jedoch wie ich zeigte unstatthaften Hypothesen zu halten gewesen wäre.

In dieser Auffassung liegt übrigens nicht der Schwerpunkt der Oellacher'schen Darstellung, obgleich die übrigen Ausführungen nur auf jener Grundlage möglich waren. Als Hauptergebniss wird stets in den Vordergrund gestellt, dass jene von Anfang an dickste Stelle des Keimwulstes und des Keims überhaupt thatsächlich als erste Anlage des Embryo anzusehen wäre, weil sie das vollständige Material der Keimblätter und zwar bereits in der späteren Lageordnung enthalte, so dass dieselben bloss durch horizontale Trennung fertig gestellt würden. Und diese Behauptung muss ich wiederholt bestreiten. Zur Begründung dessen verweise ich auf die Beschreibung der von mir gemachten Beobachtungen, namentlich auf das allmähliche Vordringen des Embryonaltheiles der secundären Keimschicht in die Keimhöhle, wodurch der darüberliegende Theil der Keimhöhlendecke in die Embryonalanlage hineingezogen wird; ferner auf die Nothwendigkeit der Annahme, dass diese Anlage einen Theil ihrer Masse durch allmähliche Zelleneinwanderung gerade vom dünnen Keimtheile her empfängt. — Gegenüber der von Oellacher vertretenen allmählichen histiologischen Differenzirung des Sinnesblattes und des mittleren Keimblattes will ich noch her-

vorheben, dass im Beginne der Existenz beider scharf geschiedenen Blätter der mediane Theil des Sinnesblattes relativ verdünnt erscheint, d. h. sich noch nicht in dem Stadium der kielförmigen Verdickung befindet, welche Oellacher als die einzige aus der Sonderung hervorgehende Form desselben kennt. Dieser Umstand, sowie die irrige Annahme Oellacher's, dass beide Blätter später wiederum im Axentheile mit einander verschmelzen (Axenstrang), geben mir die Ueberzeugung, dass Oellacher die Trennungsspalten häufig übersehen hat und zum grösseren Theile wohl dadurch zu seiner unrichtigen Ansicht von der Entwickelung der Keimblätter gekommen ist.

Ich komme zum Schlusse darauf zurück, dass ich mit Oellacher nur in dem einen Punkte übereinstimme, dass der Keim gleich im Anfange seiner Ausbreitung eine ungleichmässige Mächtigkeit und an einer Seite eine Verbreiterung seines dem Dotter aufliegenden Randes besitzt. Bezüglich der eigentlichen Entwickelung der Embryonalanlage muss ich Oellacher in jeder Hinsicht widersprechen, verzichte jedoch auf ein weiteres Eingehen in die Einzelheiten, da nach dem schon Gesagten alles Uebrige sich nicht mehr auf eine verschiedene Auffassung ähnlicher Beobachtungen, sondern auf grundsätzliche Widersprüche der letzteren bezieht: was ich Wesentliches sah und abbildete, die Bildung des Randwulstes, seinen „Umschlag", das Wachsthum der secundären Keimschicht, ihre scharfe Trennung von der primären von Anfang an u. s. w., — sucht man vergebens bei Oellacher, und seine Angaben wiederum kann ich an meinen Präparaten nicht bestätigen. Und wenn er meine „Umschlagungstheorie als in jeder Beziehung den Thatsachen nicht entsprechend und mit denselben völlig unvereinbar" bezeichnet (No. 10 S. 33), so kann ich dieses Urtheil nur insofern anerkennen, als es sich bloss auf die von ihm allein anerkannten Thatsachen bezieht.

Strassburg i. E., März 1873.

Litteraturverzeichniss.

1. Rathke, Abhandlungen zur Bildungs- und Entwickelungsgeschichte des Menschen und der Thiere, II. Theil erste Abhandlung: Bildungs- und Entwickelungsgeschichte des Blennius viviparus oder des Schleimfisches.

2. v. Baer, Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere. II. Theil.

3. v. Baer, Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der Fische

4. Vogt, Embryologie des Salmones.

5. Lereboullet, Recherches d'embryologie comparée sur le développement du brochet, de la perche et de l'écrivisse.

6. Kupffer, Beobachtungen über die Entwickelung der Knochenfische, in M. Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. IV 1868.

7. Rieneck, Ueber die Schichtung des Forellenkeimes, ebendas. Bd. V 1869.

8. Goette, Zur Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere. Vorläufige Mittheilung, in: Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1869. No. 26.

9: van Bambecke, Embryogénie. Prémiers effets de la fécondation sur les oeufs de poissons etc. aus: Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, t. LXXIV .No. 16.

10. Oellacher, Beiträge zur Entwickelung der Knochenfische nach Beobachtungen am Bachforellenei, in: Siebold und Kölliker, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. XXIII. 1873.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XXVII.

Fig. 1. Mediandurchschnitt eines noch biconvexen Forellenkeimes.
- khd die Keimhöhlendecke, welche die Mitte und überhaupt den grössten Theil des Keims umfasst.
- r der schmälere,
- r' der breitere Abschnitt des dem Dotter d aufliegenden Keimrandes.
- ds die Deckschicht,
- kh die Keimhöhle.

Fig. 2. Ein etwas weiter ausgebreiteter Keim gleichfalls im Mediandurchschnitte; dieselben Bezeichnungen wie in Fig. 1.

Fig. 3. Ein gleicher Durchschnitt eines grossen Keims. Der Keimrand r—r' hat sich in einen entsprechenden Wulst umgebildet; an der verdünnten Keimhöhlendecke khd zeigt sich die einseitige Anschwellung e, ihr Embryonaltheil, im Anschlusse an den gleichnamigen Theil des Randwulstes r'.

'durchschnitt eines kleinen Keims, welcher über der Keim-

Fig. 4. Media... ...ärker gewölbt war als die übrigen. Am Embryonaltheile höhle st... ...wulstes r' ist bereits die Sonderung der oberen primären des Rand... ...t ps und der unteren secundären ss eingetreten; die Keimschich... ...det sich jedoch im ersten Anfange ihrer Bildung. letztere befin... ...ner.

kh, e wie vor... ...itt eines weiter entwickelten Keims. Die Embryo-

Fig. 5. Mediandurchsch... ...nhöhlendecke (e) und des Randwulstes (r') stellen naltheile der Kei... ...näre Keimschicht der in der Entwickelung be- gemeinsam die pri... ...nlage dar. griffenen Embryonala... ...one der secundären Keimschicht im Bereiche

ss Die breite Aussen... ...

jener Anlage,... ...en Randwulste r,

ss'' dieselbe unter dem Übrig... ...secundären Keimschicht, in die

ss' die lockere Innenzone der Keimhöhle vorwachsend.

...t fertiger Embryonalanlage:

Fig. 6. Mediandurchschnitt aus einem Keime, m...

sb das obere Keimblatt, — Sinnesblatt,

mk das mittlere Keimblatt,

db das Darmblatt derselben,

ds, kh, ss' wie vorher.

Fig 7. Zwei Stücke eines Mediandurchschnittes (durch eine noch ...h ältere Embryonalanlage, links den betreffenden Endabschnitt darstel... ...end, rechts aus dem Bereiche der Grenze zwischen Embryonalanlage und Keimhöhlendecke oder nunmehr der Dottersackhaut khd; Bezeich- nungen wie vorher. Die Innenzone der secundären Keimschicht (ss') füllt die zusammengedrückte Keimhöhle beinahe ganz aus.

Fig. 8. Querdurchschnitt etwa durch die Mitte einer eben fertig gewor- denen Embryonalanlage.

sb, mk, db wie in Fig. 6.

axs Axenstrang des mittleren Keimblattes, welcher das darüber- liegende Sinnesblatt gleichsam eindrückt.

Ein Beitrag zur Auswanderung der Blutkörperchen aus den Gefässen des Frosches.

Von

Fritz Schmuziger, stud. med. *)

Hierzu Tafel XXVIII.

Seitdem Cohnheim in seiner allgemein gekannten Arbeit die Auswanderung farbiger und farbloser Blutkörperchen aus den Gefässen, den Venen und Capillaren dargethan hat, fehlte es bekanntlich nicht an bestätigenden wie verneinenden Angaben von Seite anderer Forscher. Bei dem hohen Interesse, welches der Gegenstand mit vollstem Rechte in Anspruch nimmt, mag die Veröffentlichung einer kleinen Beobachtungsreihe entschuldigt sein, welche höchst prägnante Resultate ergab. Die einzelnen Phasen der sich entwickelnden Entzündungsprocesse nochmals zu schildern, halte ich für höchst überflüssig. Dagegen glaube ich aber, dass Manchem, dessen Zeit die Wiederholung der Cohnheim'schen Beobachtungen entweder nicht oder nur ganz unvollständig erlaubt, die Vorführung einiger naturgetreuen Zeichnungen nicht unerwünscht sein dürfte.

Als Beobachtungsobject diente auch mir die klassische Localität, das Mesenterium des durch Curare gelähmten Frosches. Einmal verwendete ich das Gekröse des Eileiters.

Ich injicirte $^1/_2$—$^3/_4$ Centigramme einer Curarelösung von 0,1% und gewann die vollkommenste Bewegungslosigkeit nach $1^1/_2$—$1^3/_4$ Stunden. In manchen Fällen war der Kreislauf gleich Anfangs so schwach, und die Herzaction so unbedeutend, dass von einem Herzstoss in den Arterien des Mesenteriums nichts zu sehen war und

*) Der Verfasser hat während des Dezembers 1872 die betreffenden Studien in meinem Laboratorium angestellt. Die Veranlassung war eine äusserliche; ich bedurfte einiger Zeichnungen für die neue Auflage meiner Histologie. Die Gewissenhaftigkeit der Mittheilung verbürge ich. Haben wir uns doch Stunden lang zusammen erfreut an dem wunderbaren Vorgange!

W. Frey.

diese Thiere dann auch nicht für die Untersuchung verwendet wurden.

Die Versuche wurden an Rana temporaria angestellt. Nicht ohne Einfluss auf die Dauer des Emigrationsprocesses mag der Umstand gewesen sein, dass die Thiere Winterfrösche waren. Die mikroskopische Prüfung konnte in einzelnen Fällen bis zur 51., ja 53. Stunde fortgesetzt werden. Während dieser ganzen Zeit blieb die Herzaction energisch genug, um den Kreislauf in genügender Stärke zu unterhalten. So war es möglich, alle einzelnen Phasen an demselben Thiere zu durchmustern. Mit diesen Verhältnissen ist wahrscheinlich in Zusammenhang zu bringen, dass die Reizbarkeit des Mesenteriums bedeutend verringert erschien, d. h. dass in jenen Fällen mehr Zeit zu denselben entzündlichen Processen verlangt wurde, als nach der Cohnheim'schen Darstellung erwartet werden durfte; damit auch im Zusammenhange, dass die Verlangsamung im Kreislaufe der Capillaren, welche für das Austreten und Hindurchschlüpfen der farblosen Körperchen durch die Wandung günstig wirkt, ausserordentlich lange Zeit hindurch nicht erscheinen wollte, die Mehrzahl der Capillaren wenigstens lange eine ausserordentliche Regsamkeit des Kreislaufes zeigte. Dem entsprechend konnte auch der Durchtritt der rothen Blutkörperchen erst dann erfolgen, als eine genügende Verlangsamung und Stauung eingetreten war, um für dieselben den Durchgang zu erzwingen. Der Durchtritt der rothen Blutkörperchen liess sich in einzelnen Fällen erst am 2. Tage, nach Ablauf von 24 Stunden constatiren und auch jetzt erst an wenigen Stellen. War in solchen Fällen die Auswanderung aus den wirklichen Capillaren, deren Wandung deutlich aus einer einzigen Membran gebildet war, auch verzögert, so zeigten dafür die Venen verhältnissmässig früher die Emigrationsverhältnisse; hier begünstigte trotz des energischen Kreislaufes die sich bildende ruhige Randzone farbloser Blutkörperchen offenbar den Durchtritt des einzelnen Individuums. — Umgekehrt aber zeigten andere Versuchsthiere schon nach Verlauf von drei Stunden einen Austritt von rothen Blutkörperchen, nebst massenhafter Auswanderung von farblosen.

Hervorzuheben ist, was bei halbausgetretenen rothen Blutkörperchen besonders schön sich zeigte, dass der innerhalb des Gefässes befindliche Theil in Folge des Kreislaufs der übrigen Blutkörperchen pendelnde Bewegungen ausführte; in einzelnen Fällen,

wo zeitweise die Stromrichtung im entgegengesetzen Sinne umschlug, der pendelnde Theil jedes Mal im Sinne der neuen Stromrichtung flottirte, ohne dass jemals der Ort der Anheftung an der Gefässwand verändert worden wäre.

Betreffs der Zeit, welche das einzelne farblose Blutkörperchen für seinen Durchtritt brauchte, lässt sich nur sagen, dass dieselbe sehr verschieden lang war. In vielen Fällen verlangte das weisse Blutkörperchen eine Beobachtung von länger als einer Stunde, bis der Austritt sicher constatirt war und kein Theil der betreffenden Zelle mehr innerhalb des Gefässrohres sich befand. Hinwiederum liess sich der Austritt, und dann natürlich um so schöner und ausgesprochener, in einem Zeitraume von 15—20 Minuten beobachten, von der Ankunft des Blutkörperchens und seinem Festsetzen bis zum vollendeten Austritt gerechnet.

Für die rothen Blutkörperchen freilich gilt diese Beobachtung nicht in derselben Weise, denn oft liess sich ein rothes Blutkörperchen auffinden, dem ein Austritt aus dem Gefässrohr eigentlich unmöglich wurde; die eine, noch im Gefässlumen zurückgebliebene Hälfte wurde nämlich so energisch von der Strömung erfasst, dass nur der schon durchgetretene Theil das Wegschwemmen verhinderte, das Blutkörperchen gleichsam am letzteren vor Anker lag. In anderen Fällen wurde der noch im Gefässrohre befindliche Theil einfach abgerissen und verschwand unter der Menge der übrigen Blutkörperchen; ausserhalb des Gefässes aber lag der andere Theil als das Fragment eines rothen Blutkörperchens.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. XXVIII.

Fig. 1. 24 Stunden nach Beginn der Bewegungslosigkeit.
Fig. 2. 30 „ „ „ „ „ „
Fig. 3. 50 „ „ „ „ „ „
Fig. 4. 3 „ „ „ „ „ „

Figur 1—3 sind von demselben Versuchsthiere genommen worden, Figur 4 von einem andern Exemplare.

Zu bemerken ist, dass obige Zahlen nicht den Beginn des Auswanderungsprocesses angeben sollen, sondern nur die Zeit, zu welcher das vorliegende mikroskopische Bild copirt worden ist. Der Buchstabe a bezeichnet überall das farblose, im Durchtritt befindliche Körperchen, b das rothe im selben Bewegungszustande.

Ueber die quergestreifte Muskelfibrille.

Von

G. R. Wagener

in Marburg.

Hierzu Taf. XXIX A. *)

In früheren Mittheilungen (Marburger Sitz.-Ber. 1872, Entwicklung der Muskelfaser 1869 Marburger Sitz.-Ber. 1868) habe ich dargethan, dass die (später quergestreifte) Muskelfaser erst eine ganz glatte Fibrille ist. Sie entsteht mit vielen anderen ihres Gleichen zusammen in einem vielkernigen Protoplasma [1]). Letzteres bildet schliesslich das Sarkolemm, die die contractile Substanz eng umschliesst. Die Querstreifung tritt erst an der Fibrille auf, wenn die Bündelbildung stattgehabt hat. Das Sarkolemm ist dann noch nicht am Schluss seiner Entwickelung. — Die Säulenbildung wird dagegen erst wahrnehmbar, wenn die körnige Axe innerhalb des Bündels verschwunden ist. Das noch sehr schmale, junge Primitivbündel wird durch seitliche Anlagerung von glatten neuen Fibrillenlagen theilweise umschlossen und dadurch vergrössert. Während das junge Bündel auf dem Querschnitt das von den Säulen herrührende Netz zeigt, sieht man an den neugebildeten Faserlagen am

*) Zur leichteren Verständigung ersuche ich den Leser die Engelmann'sche Tafel (Pflügers Archiv Bd. VII 1 Heft Taf. 2) sich anzusehn. Fig. 30 zeigt den Querschnitt eines Muskelbündeltheiles. Die schwarzen Punkte sind Fibrillen, die Felder die Säulen, die weissen Linien die letztere trennende Zwischensubstanz. Fig. 31 a zeigt dagegen keine Fibrillenquerschnitte, sondern kleine Tropfen Zwischensubstanz, welche bei getrockneten und nicht ganz frischen Muskeln gewöhnlich erscheinen. Fig. 31 b dagegen sind Säulenquerschnitte ohne Fibrillen.

1) Ich kann so wenig wie Merkel einen Unterschied zwischen der die Nervenendplatte bildenden Masse und dem Protoplasma finden. Dieses Arch. 1873 pag. 293—307.

Rande dergleichen nicht. Sie zerfallen erst später in Säulen und sind aus dem kernreichen Protoplasma hervorgegangen, was die Räume zwischen den Bündeln jugendlicher Thiere ausfüllt. Die Verlängerung der schon quergestreiften Muskeln wird, wie sich am Herzen junger Thiere nachweisen lässt, durch Zunahme der quergestreiften Fibrille an den Enden hergestellt. Der neue Ansatz ist glatt und liegt in einem körnigen Protoplasma, welches sich in dem Gewebe des Muskelansatzes vorfindet.

Dass auch im vollständig entwickelten Muskel die Fibrille der letzte Bestandtheil des Organes ist, geht ferner aus meinen Beobachtungen an der Larve von Corethra plumicornis hervor. An dem platten Kopfmuskel des Thieres lösten sich die sonst nur durch sehr schwache feine Längsstreifen angedeuteten Fibrillen bei der Contraction von einander los, so dass jede einzeln von ihren Nachbarn durch eine helle Zwischensubstanz in ihrer ganzen Länge getrennt war. Der schnelle einem Wetterleuchten ähnliche Vorgang, dessen Helligkeit durch die plötzlich zwischen den Fibrillen auftretende durchsichtige Zwischensubstanz bedingt war, liess ausserdem eine beträchtliche Anschwellung der Fibrille mit dunkler werdenden feinen Linien wahrnehmen, welche die anisotropen Theile von einander trennen. Ob hierbei zwei Fächer oder mehr der Fibrille zu einem einzigen Fache wurden, war wegen des schnellen Ablaufes des Vorganges nicht wahrzunehmen. Durch diese Beobachtungen erscheint die Präexistenz der Fibrille ausser Frage gestellt. Es würde also der Erörterung über die Veränderungen des Muskels bei der Contraction die Fibrille zu Grunde gelegt werden müssen, wie es von Merkel geschehen ist, der auf anderen Wegen zur Annahme der Fibrille gelangt ist.

Verfolgt man den Process des Quergestreiftwerdens an der glatten Fibrille beim Hühnchen, welche sehr durchsichtig, fast glashell und sehr dehnbar ist — eine Eigenschaft, die sie selbst nach der Querstreifung nicht einbüsst, indem (bei jungen Hunden) sich die Bündel des Muskels auf das Vierfache ihrer Länge ohne zu zerreissen ausziehen lassen, mit Verlängerung der anisotropen Substanz und fast gänzlicher Verstreichung der Querstreifung — so bemerkt man, dass die Faser zuerst mehr oder weniger dichte regelmässige seichte Einschnürungen erhält, welche später tiefer werden und so die ganze Fibrille zu einer Reihe von gleich grossen Kügelchen oder eiförmigen Knoten verwandeln, die alle unter sich zu-

sammen hängen. Die Scheide fügt sich den Ein- und Ausbuchtungen derselben an [1]).

Geht man bei den höheren Wirbelthieren dieser Erscheinung weiter nach, so findet man, dass die Knoten oder Kügelchen in derselben Faser ungleich gross sind. Sie sind alle anisotrop, und erfolgt die Abwechselung von grossen und kleinen Anschwellungen mit grosser Regelmässigkeit an den Stellen der Faser, wo sich beide Arten vorfinden. An anderen Stellen kommen nur grosse oder kleine zur Beobachtung, deren Anordnung weniger auffällt, als die gleichmässige Grösse der aufeinander folgenden Knoten. Nur selten findet man eine Reihe von Anschwellungen in einer Faser, welche mit sehr kleinen Kugeln beginnt, denen immer grösser werdende folgen, an welche in umgekehrter Reihe die Knoten immer kleiner werdend sich anschliessen.

Obgleich diese Anschwellungen alle anisotrop sind, so ist die Stärke der Lichtbrechung derselben sowohl im gewöhnlichen als im polarisirten Lichte sehr verschieden. Die Grösse der Kugeln steht nicht im geraden Verhältnisse mit der Lichtbrechung. Kleine Knoten können stark und schwach polarisiren und heller oder dunkler bei gewöhnlichem Lichte umrandet sein. Aus den Engelmann'schen und Merkel'schen Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass entweder der Wassergehalt oder die vermehrte Dichtigkeit der contractilen Substanz die Ursache dieser Erscheinungen ist.

Von der isotropen Substanz ist bei den höheren Wirbelthieren eigentlich sehr wenig wahrzunehmen. Das Nichtpolarisiren der feinen schwarzen die anisotropen Theile der Fasern von einander trennenden Linie ist das einzige, was man darüber weiss. Sind die Querstreifen wie verstrichen auf dem Muskelbündel kaum zu sehen, so ist auch die Polarisation, wenn auch schwächer als in den anisotropen Theilen, doch vorhanden an den sonst isotropen Theilen der Fibrille. Wenn man die grössten Formen der Knoten mit den allerkleinsten derselben vergleicht, so ergibt sich ein bedeutender Grössenunterschied zwischen beiden. Man ist genöthigt anzunehmen, dass alle Fibrillen gleiche Eigenschaften besitzen, also auch dass eine Fibrille die kleine Knötchen gebildet hat, aus ihrer Masse so grosse herstellen kann, wie eine andere Fibrille aus demselben Muskel besitzt. Es ist sonach die geistreiche Krause'sche Idee, die

1) Ich habe diesen Vorgang nicht an ein und derselben Fibrille beobachtet.

von Merkel weiter geführt ist, dass der Muskel aus abgeschlossenen reihenweis aufgereihten Kasten besteht, in welchen die anisotrope und isotrope Substanz sich vorfindet, nicht durchführbar. Es ist die Faser in allen ihren Theilen für die contractile Substanz durchgängig.

Bei den Arthropoden ist von Weissmann der Nachweis geliefert, dass bei ihnen wie bei den höheren Thieren die embryonale Form der Muskelfaser glatt ist. Hat er auch nicht die einzelne Fibrille isolirt, so gleicht doch seine von den embryonalen Muskeln gegebene Figur so genau demselben Gebilde beim Hühnchen, dass ich durchaus nicht anstehen kann, dasselbe Verhalten der sich entwickelnden Muskelsubstanz bei den Arthropoden vorauszusetzen, wie ich es beim Hühnchen schilderte.

Bei den Gliederthieren tritt die isotrope Substanz bedeutend hervor. Ob die Weichheit der Muskelsubstanz dieser Thiere, welche auf einen grösseren Wasserreichthum hinweist, mit dieser Erscheinung im Zusammenhang steht, ist nur eine Vermuthung, die sich auf das Schrumpfen derselben bei Alkoholzusatz und anderen wasserentziehenden Substanzen stützt.

Zugleich zeigen die Muskelfasern dieser Thierklasse noch eine andere Eigenthümlichkeit, die sich bei höheren Thieren in dieser Ausdehnung nicht findet. Es ist dies die Bildung anisotroper Stäbchen in der Fibrille. Dass hiemit die Knotenbildung nicht ausgeschlossen ist, braucht nicht erwähnt zu werden.

Die Stäbchen allein können eine Fibrille ohne Hülfe der Knötchen gliedern, wie es das Brücke'sche Schema Fig. 8 zeigt. Isotrope Substanz oder die sich berührenden Endflächen der Stäbe bilden ihre Abgrenzung, welche in regelmässigen Zwischenräumen auftreten.

Jeder Stab kann in seiner Mitte durch eine lichtere grössere oder kleinere isotrope oder schwach anisotrope Stelle unterbrochen sein (Merkel), diese ist dann Hensen's Mittelscheibe oder Streifen. Bei guter Beleuchtung und starker Vergrösserung zuverlässiger Linsen sieht man sehr häufig die anisotrope Substanz ganz allmählig in die isotrope übergehen. Die Polarisation weist dieselbe Erscheinung auf. Zuweilen sieht man die isotrope Substanz an dieser Stelle nicht so hell, wie an anderen gleich bedeutenden Stellen. Dann tritt der von Merkel erwähnte Fall einer ganz schwachen Polarisation ein.

Die unvollkommene Trennung des Stabes durch allmählich in anisotrope übergehende isotrope Substanz kann sich an zwei auch

an drei Stellen wiederholen. Bei der Contraction der Fibrille grenzen sich die Stäbchen an diesen Stellen durch schwarze dünne Linien ab, die wie die früher erwähnten Grenzen der Knötchen das Licht nicht polarisiren.

In sehr vielen Fällen glaubt man die Glieder (Muskelkästen Krause) der Säulen oder des Bündels aus Stäbchen gebildet zu sehen. Bei genauerer Betrachtung stellt sich heraus, dass die Stäbchen sämmtlich nicht glatt sind und eine Masse bilden, sondern dass jeder Stab aus einer Längsreihe von Kügelchen, Anschwellungen oder Knötchen besteht. Dies ist weit häufiger der Fall, als es bisher angenommen ist. Es liegt dies an der jeweiligen geringen Ausprägung der kleinen Abtheilungen. Dazu gesellen sich noch andere Hindernisse. Ich habe schon früher mehrfach auf letztere hingewiesen.

Anmerkung. Ich habe zuerst die Muskeln von Blutigel, Schnecken in Fibrillen zerlegt. Viele Beobachter haben vor mir dasselbe Object angesehen, aber die Längsstreifung nicht bemerkt. Sie hatten von den Muskeln nicht den dicken Schleim entfernt, dessen starke Lichtbrechung der der Muskelsubstanz ziemlich gleich ist. Setzt man Eiweiss, Schleim, Speichel etc. wieder zum Präparat, an welchem man eben die Längsstreifung wahrnahm, so verschwindet sie sofort oder wird schwer sichtbar, während sie vorher überaus auffällig war. — Dieselbe Erscheinung findet sich bei frisch herausgerissenen Thoraxmuskeln der Insecten. So lange wie das Blut, was dieselben umspült, nicht verdünnt ist, sieht man von den sonst so deutlichen Querstreifen nicht die Spur. Die Muskeln erscheinen glatt. Setzt man Wasser hinzu, so sieht man die Querstreifen erst mehr wie angedeutet, wie im Nebel, und je mehr die Blutverdünnung fortschreitet, deren Grad durch die mehr und mehr verschwindende Zahl der Blutkörper angegeben wird, um so deutlicher und klarer werden die Querstreifen. Dass die Muskeln während des ganzen Vorganges in ihrer Reizbarkeit nichts Wesentliches eingebüsst haben, geht aus den Contractionen, die sich lösen und wieder von Neuem beginnen, hervor. G. Schwalbe hat in seinen Untersuchungen über die Muskeln niederer Thiere bei sog. frisch untersuchten Muskeln nicht Fibrillen gesehen [1]). Setzte er Alkohol und

1) Dieses Archiv Bd. 5 Taf. 12 Fig. 22 bildet G. Schwalbe spindelförmige Muskeln ab, die Margo für Sarkoplasten erklärt, G. Schwalbe

andere Flüssigkeiten von schwächerer Brechung hinzu, so sah er sie. Er gibt nicht an, dass er Schleim und Blut entfernt habe. Ferner wurde die schiefe Beleuchtung sehr wenig angewandt. Die elastischen Fasern des Nackenbandes geben ein lehrreiches Object. Bei gerader Beleuchtung sieht man von Faserung an ihnen sehr wenig. Bei schiefer Beleuchtung erscheinen sie aus den feinen Fasern zusammen gesetzt, welche man aus ihrer Entwickelungsgeschichte her kennt. Sie sind also Bündel wie die Bindegewebsfasern [1]) und die Fibrillen der Muskeln, welche beide wie die elastischen Fasern ihren Ursprung aus der Grundsubstanz der Riesenzellen herleiten [2]).

Engelmann hatte einen Muskel herausgerissen, ihn ohne Flüssigkeitszusatz betrachtet und erst nicht die Abtheilung des Muskels in Säulen gesehen, sie aber nachher wahrgenommen. Er baut darauf den Schluss, dass die Säulen dem Zerfalle des Muskels ihren Ursprung verdanken. Gesetzt auch, dass Engelmann sofort Alles sieht, was man überhaupt an einem Objecte sehen kann, so kann ihm die Säulenabtheilung durch das Blut, was späterhin sich vertheilt, verdeckt worden sein. Beiläufig sei bemerkt, dass Engelmann die einzelnen Thoraxmuskeln für die Fibrillen (als solche natürlich untheilbar) erklärt und zugleich dabei sagt, dass noch Niemand etwas von Streifung oder fibrillärem Zerfall an ihnen wahrgenommen hätte. Ich erlaube mir dieser Behauptung gegenüber auf Fig. 20 Taf. 5 Reich. u. Dubois' Archiv 1863 hinzuweisen, wo beides abgebildet und besprochen ist. Dabei muss ich noch hinzusetzen, dass ich diese Erscheinung auch in den Marburger Sitzungsberichten 1872 erwähnt habe.

Von vielen Beobachtern, zuletzt von Engelmann, werden feine Körnchen erwähnt, welche zwischen isotropen Streifen und Zwischenstreifen, s. Pflüger Archiv Bd. VII Taf. 2 Fig. 5 etc.,

zu erörtern ablehnt. Ich habe sie bei verschiedenen Muscheln gefunden, aber stets in Reihen als Anschwellungen einer gewissen Menge von Muskelfibrillen. Es ist also die Erscheinung derselben Art wie die von mir 1863, Reich. u. Dubois' Arch. Taf. 4 Fig. 1 abgebildete.

1) Ich habe bis jetzt noch keine Abbildungen der letzten oder feinsten Fibrillen vom Bindegewebe gesehen.

2) Bindegewebe und elastische Fasern können in der Knorpel- und Riesenzellengrundsubstanz entstehen. Muskelfibrillen kennt man bis jetzt nur in letzterer.

vorfinden. Was diese sind, ist weder aus Engelmann's Beschreibung noch aus der Figur zu erschliessen. Nach meinen Beobachtungen sind diese Körnchen entweder sehr kleine Kügelchen contractiler Substanz oder es sind Lücken zwischen den einzelnen Fibrillen.

Sind die Körnchen aus Kügelchen contractiler Substanz gebildet, so liegen sie immer im Verlaufe der Fibrille und sind anisotrop, wenigstens in vielen Fällen. In anderen dagegen versagt die Polarisation [1]) und dann kann nur die ausgeprägte Kugelgestalt der Körnchen Vermuthungen einigen Anhalt geben. Merkel schlägt an Stelle der Polarisation die Anwendung das Hämatoxylin vor. Da diese Substanz den anisotropen Theil der Muskelfaser stark färbt, den isotropen, also auch das Protoplasma um die Fibrille nnd die Säulen ungefärbt lässt, so würde in zweifelhaften Fällen dieses Mittel ein gutes Reagens sein, da die rothblaue Färbung eine sehr intensive ist. Ich habe das Mittel für den in Rede stehenden Fall noch nicht anwenden können.

Sind die scheinbaren Körnchen Lücken, so sind sie, falls sie gross sind, mit zuverlässigen starken Vergrösserungen leicht als solche zu erkennen. Sie enthalten eine klare (isotrope) Substanz und sind von unregelmässiger feinliniger Begrenzung. Ihre Grundform ist ein Rhombus, dessen Seiten und Winkel allerlei kleinen Abänderungen unterworfen sind. Sie liegen nie im Verlaufe der Fibrille, sondern immer neben derselben, also im isotropen Protoplasma, was die Fibrillen trennt. Sie sind durch die Ein- und Ausbuchtungen der Fibrillen und deren Scheiden erzeugt (s. Fig. 20). Sind die Lücken aber klein, so können sie zu schwarzen Punkten werden, über welche unter gewissen Umständen kein Urtheil zu fällen ist. Die Fibrille des Muskels liegt schon dicht an der Grenze der Leistungsfähigkeit der heutigen Mikroskope und da das Erscheinen der Fibrille durch die protoplasmatische Zwischensubstanz, welche sie von einander trennt, bedingt ist, letztere aber je nach dem Zustande des ganzen Muskels und ihrer Weichheit sehr wechselnd ist, so ist auch häufig genug der Weg der Fibrille nicht so klar, um über die Lage dieser feinen Pünktchen sichere Auskunft zu geben. Dass man sie immer in scheinbar unregelmässiger Lage wie die Lichtpunkte im Sternnebel sieht, liegt an der Feinheit der Fibrillen über-

1) Polarisirt der sehr kleine Körper das Licht schwach, so kann man sein schwaches Glänzen nur unter den günstigsten Bedingungen wahrnehmen, welche sich nicht häufig zusammenfinden.

haupt. Bei genauerer Prüfung der Einstellung wird man bald bemerken, dass die Klarheit der einzelnen Punkte nicht eine gleiche ist. Sie lassen sich vielmehr sehr gut in die Schichten der einzelnen Fibrillen einfügen und ihre Existenz ist an dieselbe gebunden, also nicht jenes wirre Durcheinander der Körnchen im Protoplasma.

Die Erscheinungen während der Contraction an den Querstreifen der Muskeln sind schon von vielen Beobachtern beschrieben worden. Alle kommen darin überein, dass die Querstreifen sich einander nähern. Nach der Brücke'schen Entdeckung von isotropen Querlinien musste sich die Aufmerksamkeit der Beobachter auf das Verhalten dieser Streifen während der Zusammenziehung des Muskels richten. Das übereinstimmende Resultat war das Verschwinden der isotropen Streifen. Engelmann sowohl wie Merkel nehmen eine Vermischung ihrer Substanz mit den anisotropen Theilen der Faser an. Hensen, Merkel (l. c.), Engelmann, Flögel (dieses Arch. Bd. 8 Taf. III Fig. 8, Engelmann Taf. III Fig. 1 in Pflüger's Archiv Bd. VII, Hensen Arbeiten des Kieler Inst. 1868 Taf. I Fig. 7) und andere bilden contrahirte Fasern ab. Sämmtliche Figuren stellen die Fasern in einem mehr oder weniger vorgeschrittenen Zustande der Contraction dar, keine aber den äussersten Grad derselben. Indess geht aus den Abbildungen hervor, dass die Querreihen von Körnchen verschwinden und die Zwischenscheibe, Neben- und Mittelscheibe eine Masse werden. In der Flögel'schen Figur ist anscheinend die Contraction noch weiter vorgeschritten, wie in der Engelmann'schen. Dort sind die Zwischen- und Nebenscheiben zu dicken Wülsten geworden, welche sogar über den Rand des Bündels hervorragen. Die Anhänger der Krause'schen Anschauung erklären das Verschwinden der Zwischenscheiben in der Art, dass sie sie durch Anlegen der anisotropen Substanz unsichtbar werden lassen. Die von mir beigegebene Figur gibt eine frische Muskelsäule aus dem Thorax einer Fliege in noch weiter vorgeschrittener Contraction, die deutlich zeigt, dass die anisotropen Knoten eine Grösse erreichen können, die sich nur durch Aufnahme der benachbarten erklären lässt. Ehe die Faser diese Form an dieser Stelle annahm, sah sie dort ebenso aus wie das untere Ende. Die Hensen'sche Mittellinie zeigt während der Contraction an den unteren Gliedern der Säule nur eine geringe Verdickung der sie rändernden anisotropen Kugeln. Sie selbst war nur eine tiefer eingeschnittene schwarze Linie. In dem oberen contrahirten Gliede bildete sich die

obere aus 6 Querreihen bestehende Abtheilung in 3 um, und der untere Theil des Gliedes weist an der einen Seite 3 Reihen, an der anderen nur 2 auf. Einem solchen Falle gegenüber erscheint die Krause'sche Annahme unanwendbar. Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Säule im Wasser beobachtet wurde, dass sich ferner an derselben Faser, sowohl an den wenig oder nicht contrahirten Stellen als auch an dem stark zusammengezogenen Theile der Säule kleine Zusammenziehungen als auch Lösung derselben in unregelmässig wechselndem Spiel und verschiedener Energie während einer längeren Zeit hindurch zeigten.

Aendert sich schon bei schwächerer Contraction das Aussehen der anisotropen Substanz, welche stets stärker lichtbrechend bei den höheren Thieren wird, während, vielleicht durch die Beimischung von mehr isotroper Substanz, bei den Arthropoden dieses Aussehen nicht immer, sondern nur bei stärkerem Contractionsgrade vorkommt, so steigert sich dies Glänzen bis zur wachsartigen Entartung bei der stärksten Contraction, wie es die Beobachtungen an lebendigen Larven von Corethra plumicornis lehren. Ich habe diese Erscheinung an der contractilen Substanz öfters gesehen, nicht allein an ganzen Bündeln und grösseren Theilen derselben, sondern auch an Complexen von sehr wenigen Fibrillen. Zuweilen blieb der atlasglänzende Fleck bis zum Absterben des Thieres, zuweilen aber löst er sich auch wieder, ohne die geringste Spur seines Daseins zu hinterlassen.

Engelmann hält die Veränderung der contractilen Substanz während der Contraction für eine Quellung. Er stützt sich auf das Verschwinden der wasserreicheren isotropen Substanz und deren Mischung mit der anisotropen Masse. Letztere Behauptung, welche ihren Rückhalt in der Wirkung von wasserentziehenden Reagentien auf die anisotropen Theile der Muskelfaser hat, wird von ihm selbst dadurch abgeschwächt, dass er einen Theil des Wassers auch nach aussen hin entweichen lässt. Die Möglichkeit dieser Ansicht muss zugegeben werden, die Beweise indess sind unzureichend, und bleibt Raum noch genug für eine andere Erklärung, welche den Vorgang in einem Festerwerden, vielleicht einer Art Gerinnung der contractilen Substanz sucht. Quetschung und Druck bewirkt die bekannte Wachsentartung der Muskel, ebenso starke Contraction. Essigsäure, die den Muskel quellen macht, hebt den wachsartigen Glanz auf. Bei während der Contraction im lebenden Thiere befindlichen Muskeln ist

eine Flüssigkeitssäule plötzlich zwischen Fibrillen und Säulen vorhanden, die möglicherweise ihren Ursprung allein von den Muskelfibrillen hernimmt. Diese Erscheinungen seien hiermit hervorgehoben, da sie Engelmann nicht berücksichtigt. Zur Zeit ist der Vorgang innerhalb des Muskels während der Contraction ganz dunkel. Die Flüssigkeitssäule zwischen den sich contrahirenden Fibrillen der lebenden Muskeln und das ebenso plötzliche Verschwinden derselben in der Ruhe lässt auf eingreifende Veränderung in der Fibrille schliessen. Das einzig sichere ist die Ortsveränderung der contractilen Substanz und Anhäufung derselben in den sich verkürzenden Theilen der Faser.

Engelmann erklärt, so oft er während der Untersuchung Fibrillen und Säulen findet, dieselben für Zerfallproducte, selbst wenn der Muskel sich noch zusammenzieht. Das hindert ihn aber nicht, die Thoraxmuskeln der Insecten für Fibrillen zu halten. Dass sie letztere nicht sein können, geht aus meiner schon citirten Figur, Reichert und Dubois Archiv 1863 und Marburger Sitzber. 1872 (3 Aufsätze) hervor, sie können also nur Säulen sein. Man kann sich leicht von der Präexistenz dieser Gebilde, die selbst an dem Fundort von Engelmann, soviel ich weiss, nicht angefochten wird, überzeugen durch Besichtigung der Thoraxmuskeln von Scarabaeus- oder Geotrupes-Arten mittelst Nr. 3 oder 4 Hartnack. Man findet bei diesen Käfern die Säulen zu losen Bündeln nur durch Tracheen und wenig Bindesubstanz vereinigt. Ferner trotz des Mistrauens gegen die Fibrille nimmt Engelmann schliesslich pag. 68 1. Heft l. c. die Fibrille an. In Fig. 29 Taf. 2 l. c. zeichnet er sie sogar theilweise ab. Engelmann steht, falls ich ihn richtig verstanden habe, für dieselbe Ansicht ein, welche, soweit die heutige mikroskopische Untersuchung reicht, ich vertreten muss. Er kritisirt ganz, wie ich es gemacht habe, die Dönitz'sche Beobachtung, ist aber selbst nicht im Stande gewesen, eine Säule von einer Fibrille zu unterscheiden.

Engelmann hat in seiner ersten Abhandlung eine sehr verdienstliche und lehrreiche Zusammenstellung der Querstreifenformen besonders der Arthropoden gegeben. Man hat nicht von Nöthen, die Thierspecies dabei zu berücksichtigen, denn nach meinen bis jetzt gemachten Erfahrungen kann man alle von Engelmann verzeichneten Formen bei ein und demselbem Insect vorfinden, bei frischen sowohl als in Alkohol aufbewahrten.

Ehe ich zur Besprechung der Figuren übergehe, muss ich noch bemerken, dass Engelmann die Fibrille, wie ich sie darstelle, und deren Existenz er gegen Dönitz gebraucht, trotz der dieselbe beweisenden Beobachtungen nicht einmal als eine Hypothese in die Erklärung seiner Abbildungen aufnahm. Auf diese Weise sind seine Figuren grösstentheils ungenau geworden. Es sind gewiss an vielen Orten die Längsstreifen, ebenso die feineren Querabtheilungen im Gliede übersehen. Ferner sind Linien gezeichnet als einfache dicke Striche, die es nicht waren, sondern aus Querreihen von kleinen Kügelchen bestanden, so Fig. 17 z, Fig. 24 z a u. s. w. In Fig. 15 befindet sich zwischen n und q eine helle von zwei feinen Linien begrenzte Querscheibe, welche unverständlich ist. Nach meinen Beobachtungen muss ich glauben, dass auch diese Linie oder Linien aus Kügelchen bestanden.

Betrachtet man die Bezeichnung der verschiedenen Scheiben in den einzelnen Figuren, abgesehen von der relativ sicheren Unterscheidung von isotrop und anisotrop, so ergiebt sich der Orientirungspunkt, die Zwischenscheibe, als ein ganz uncharacterisirbares Gebilde. In Fig. 27 und in Fig. 24 kann man jede der Querlinien als Zwischenscheibe ansehen. Spiegelstellung und Höhe oder Tiefe der Einstellung macht dabei keinen Unterschied. In Fig. 20 hat es Engelmann auch aufgegeben, eine Zwischenscheibe aufzuweisen. In Fig. 16, 17, 24 a ist die Zwischenscheibe ein einfacher dicker Strich oder genauer bezeichnet in Fig. 17 ein von zwei dunklen Linien eingefasster blasserer Streifen; alle drei können nach meinen Beobachtungen aus Querreihen anisotroper Kügelchen bestehen. Dass die Polarisation wegen der Kleinheit dieser Gebilde vielleicht ausfällig wird, kann nicht entscheidend sein. In Fig. 9 war der mit z bezeichnete so deutlich aus anisotropen Knötchen zusammengesetzt, dass ihn selbst Engelmann nicht übersehen konnte. In anderen Fällen wie in Fig. 3 erscheint die Zwischenscheibe als einfache doch körnige isotrope Grenzlinie. Hierdurch erklären sich die verschiedenen Ansichten über die Polarisation der Zwischenscheibe. — Was die Bezeichnung „wärmestarr" zur Erläuterung von Fig. 13, 14, 15 etc. bedeuten soll, ist vollständig unklar, da dieselben Formen sich an Alkoholpräparaten vorfinden und die Anordnung der Querscheiben durchaus keine nähere Verwandtschaft unter einander zeigt.

Aus meinen Beobachtungen geht hervor, dass die Muskelfibrille als letzter Theil der Muskeln angesehen werden muss. Ferner: dass alle Arten von Querscheiben nur aus der Vertheilung der contractilen Substanz an verschiedene Orte der Fibrille ihren Ursprung nehmen, dass also Absperrungen innerhalb der Fibrillen (Zwischenscheiben), welche der contractilen Substanz den Weg verlegen, nicht vorhanden sind.

Jedes der einzelnen anisotropen Knötchen der Fibrille ist Contractionscentrum. Es können aber auch die benachbarten zu einem einzigen sich vereinigen.

Es lässt sich nicht sagen wie viele dies vermögen. Erreicht die Stärke der Contraction einen gewissen Grad, so tritt die „wachsartige Degeneration“ ein.

Warum die glatte Fibrille sich in so regelmässige anisotrope Abtheilungen zerlegt, ist nicht anzugeben. Da die Querstreifen in den glatten Muskelfasern der Bivalven, der Echinodermen etc. bis jetzt ausschliesslich von mir an Orten gefunden wurden, wo sie durch andere Gewebe zusammengedrängt wurden, die Knoten aber durch Polarisation und Aussehen nicht von denen an den Muskeln höherer Thiere zu unterscheiden sind, so könnte man an einen Einfluss der umgebenden Gewebe auf die Vertheilung der contractilen Substanz innerhalb der Fibrille denken. Bis jetzt aber bleibt diese Erscheinung eben so unaufgeklärt, wie die an der Fibrille im Protoplasma der Riesenzellen (sei es in der Wirbelplatte oder dem Herzen des Embryo oder in dem Protoplasma des Sarkolemms eines im Typhus zerfallenen Muskels), welche gleich bei ihrem Entstehen in ihrer Richtung den kürzesten Weg zu ihren künftigen Befestigungspunkten einschlägt, mag der Verlauf derselben später so verwickelt wie im Herzen oder so einfach wie im Muskel sein.

Siehe Müller Physiologie Bd. II pag. 33 2. Aufl. Schwann's Beobachtungen.

Erklärung der Figuren auf Tafel XXIX A.

Die beifolgenden Figuren sind bis auf 3, schematische, welche die Form verschiedener Fibrillen erläutern sollen. Auf die Dicke derselben ist bei der Zeichnung kein Gewicht gelegt worden, wohl aber auf die grössere oder geringere Färbung, desgleichen auf die relative Grösse der einzelnen Glieder der Fibrille.

Fig. 1—8. Formen der Fibrille bei den höheren Wirbelthieren.

Fig. 1. Embryonale Form ganz glatt und blass im Verhältniss zu den schon quergestreiften Formen.

Fig. 2. Gleichmässige gröbere Abtheilungen von ovaler Gestalt der embryonalen Fibrille.

Fig. 3. Gleichmässige feinere schon der Kugelform sich nähernd.

Fig. 4. Gleichmässig kuglige im ganzen Verlauf der Faser.

Fig. 5—7. Arten der regelmässigen Abwechslung von grossen und kleinen anisotropen Kugeln mit dunklerer Färbung der Fibrille. Das untere Ende a von Fig. 6 stellt eine im Verlauf der Faser sich vorfindede andere Anordnung der anisotropen Theile dar.

Fig. 8 zeigt in a eine wachsig entartete Stelle, deren Conturen häufig unregelmässig sind. Bei b ist die Anisotropie schwächer als an den stärker aufgetriebenen Stellen.

Sämmtliche Kugeln sind anisotrop. Sie liegen anscheinend unmittelbar aufeinander. Die hier weissen Zwischenräume sind am Präparate sehr feine schwarze Linien, die wenigstens ebenso feine isotrope im polarisirten Lichte werden.

Fig. 9—19. Schemata der Fibrillen a von quergestreiften Arthropodenmuskeln Die anisotropen Theile liegen weit weniger dicht aufeinander.

Fig. 9. Embryonale Fibrille.

Fig. 10. Abtheilung in anisotropen Stäbchen.

Fig. 11. Einschaltung von anisotropen Kugeln.

Fig. 12. Abtheilungen der Fibrille in kürzere Stäbchen, welche anstatt durch klare isotrope Substanz mit einander verbunden zu sein, mit schwach anisotroper Substanz a zusammenhängen.

Fig. 13. Fibrille mit Stäbchen, welche durch den Hensen'schen Mittelstreifen abgetheilt sind und zwischen deren Enden 2 Kugeln eingeschaltet sind.

Fig. 14. Fibrille mit 2 Hensen'schen Mittelstreifen. Zwischen den Stäbchen 3 grössere mit kleineren anisotropen Kügelchen abwechselnd.

Fig. 15. Acht kleine Kugeln anisotroper Substanz bilden ein Glied. An beiden Enden der Reihe befinden sich zwei grössere, welche eine kleinere anisotrope Kugel zwischen sich nehmen.

Fig. 16. Stäbchen-Bildung mit schwach anisotroper Stelle in seiner Mitte innerhalb einer Fibrille.

Fig. 17. Eine andere Combination von den anisotropen Kügelchen.

Fig. 18. Faser in b wachsig entartet.

Fig. 19. Eine andere Aufstellung der anisotropen Kügelchen.

Fig. 20. Schematische Darstellung der Fibrillenscheiden für die Lücken zwischen ihnen.

Fig. 21. Kurze Zeit hindurch macerirte Muskelsäulen aus dem Thorax von Geotrupes stercorarius 920 mal vergr. a Schema einer Fibrille dieser Säule, deren Querstreifen durch Kügelchen-Querreihen regelmässig abständig von einander gebildet werden. b isolirte Fibrillen aus einem anderen Bündel. In allen dreien wechseln anisotrope Stäbe mit dergl. Kugeln ab.

Fig. 22. Theil einer Muskelsäule aus dem Thorax der Schmeissfliege (920 mal vergr.) a sich stark contrahirender Theil, b der schwach contrahirte Theil, c Hensen'sche Mittelscheibe, hier eine einfache Linie etwas tiefer eingeschnitten zwischen zwei dicken Querreihen von Kügelchen.

Ich muss den Leser ersuchen, da die mikroskopische Erscheinung der Muskeln ganz genau wiederzugeben zu den schwierigsten Aufgaben für den Zeichner gehört, eine verständige Nachsicht bei der Beurtheilung der Figuren gelten zu lassen.

Marburg im Febr.

Ueber die hintere Begrenzungsschichte der menschlichen Iris.

Von

Prof. Dr. A. Gruenhagen

in Königsberg i. Pr.

Hierzu Taf. XXIX B.

Zum Theil wohl in Folge meiner Mittheilung über die Musculatur und den Bau der Vogeliris [1]) hat Merkel [2]) sich veranlasst gesehen, die menschliche Iris zum Gegenstande einer erneuten Untersuchung zu machen. Das Ergebniss seiner Bemühungen besteht darin, dass er nach Erhärtung der Regenbogenhaut in Müller'scher Flüssigkeit, vorsichtiger Abpinselung des hinteren Pigment-Epithels und schliesslicher Färbung mit Haematoxylin eine Schichte radiär liegender Faserzellen mit spindelförmigem Kerne dargestellt hat, welche er ohne Bedenken als glatte Muskelfasern auszusprechen sich bewogen findet. Er erklärt dieselben ihrem äusseren Verhalten nach für identisch mit den Spindelzellen des Sphincter pupillae, in welchen jene Zelllage zum Theil umbiegen soll, und beschreibt eine Art zweiten Sphincter's am Cilien-Rande der Iris, von welchem die radiären Faserzellen ihren Ursprung hernehmen. Merkel glaubt nunmehr den bis jetzt fehlenden Beweis für die Existenz eines be-

1) Dieses Arch. Bd. 9 p. 286.

2) Die Musculatur der menschl. Iris. Rostock, Stiller'sche Hof- und Universitäts-Buchhandl. 1873.

sondern Dilatator pupillae für die menschliche Regenbogenhaut beigebracht zu haben und behauptet hinsichtlich des Baues der thierischen Iris, dass hier wesentliche Abweichungen vorkämen, und, dass man daher die Befunde an Thieraugen durchaus nicht auf die menschliche Iris übertragen dürfte.

Mit dem Bemerken, dass Merkel die grosse Gefälligkeit gehabt hat mir zwei seiner Präparate auf mein Ersuchen zu übersenden, und, dass also durchaus keine Unsicherheit meinerseits darüber vorausgesetzt werden darf, was Merkel als Dilatator pupillae zu bezeichnen wünscht, habe ich nun Folgendes zu entgegnen:

Mit Merkel stimme ich darin überein, dass eine aus Faserzellen zusammengesetzte Schichte dicht unter dem hinteren Pigment-Epithel der menschlichen Iris gelegen ist, dieselbe Zellschichte, welche ich beim Frosch, bei der Katze, beim Kaninchen, ganz neuerdings endlich auch bei Vögeln, bei letzteren nach Erhärtung der Iris in Müller'scher Flüssigkeit, am gleichen Orte schon lange vor Merkel aufgefunden und beschrieben habe.

Diese Zelllage existirt, wie ich nachträglich gesehen habe, auch beim Pferde und beim Rinde und ist höchst wahrscheinlich allen Thierspecies gemeinsam. Dieselbe ist jedoch, und hierin muss ich Merkel auf das Bestimmteste widersprechen, nicht musculös, ihre Elemente haben nicht die geringste Aehnlichkeit mit denen des Sphincter pupillae, breiten sich in continuirlicher Lage über die ganze hintere Irisfläche aus, verlieren sich allmählich gegen den Pupillen-Rand hin und reichen bis dicht an den Cilien-Rand heran.

Da die Zeichnungen, welche Merkel geliefert hat, im höchsten Grade schematisirt worden sind und folglich keine richtige Anschauung von dem Aussehen der fraglichen Schichte liefern, so benutze ich die hier gebotene Gelegenheit, um eine mittelst der Camera lucida gezeichnete Abbildung (Fig. 1) zu veröffentlichen.

Die Behandlung der Iris vor der Präparation bestand in allen Fällen darin, dass dieselbe im unversehrten, frischen Auge einer 3—4 bis höchstens 8tägigen Einwirkung der Müller'schen Flüssigkeit ausgesetzt wurde. Bei längerem Verharren in der genannten Lösung schrumpfen die betreffenden Iristheile merklich und erschweren die Herstellung klarer und durchsichtiger Präparate erheblich. Sobald der gewünschte Härtungsgrad erreicht war, habe ich einen doppelten Weg behufs weiterer Präparation eingeschlagen. In vielen Fällen pinselte ich das hintere Iris-Pigment von einem am

Ciliarrande sorgfältig abgelösten Iris-Segmente vorsichtig ab, wässerte das letztere gut aus, brachte es in Alkohol absol., dann in Hämatoxylin-Lösung, schliesslich nach abermaliger Auswässerung und darauf folgender Trocknung in Alkohol absol. und Nelkenöl und endlich zur Einkittung in Canadabalsam. In mehreren Fällen zog ich mittelst einer feinen, gut schliessenden Pincette Stücke der hinteren Begrenzungsschichte, selbstverständlich nach vorheriger Entfernung des Pigments, von der hinteren Irisfläche ab und untersuchte die übrigens unschwer erhaltenen, von Stromaresten völlig freien Fetzen nach angemessener Zerkleinerung mit oder ohne Hämatoxylin-Färbung in Glycerin. Präparaten der letzteren Art sind die Bilder der Fig 2 entnommen; zum Vergleich habe ich ihnen in Fig. 3 die in gleicher Weise gewonnenen Spindelzellen einer Vogeliris beigefügt.

Hat man nun die Elemente der hinteren Begrenzungsschichte klar freigelegt und isolirt, so überzeugt man sich mühelos davon (Fig. 2 a.), dass die feinen, starren nicht selten geästeten Fasern, in welche dieselben auslaufen, in der Regel den äussersten Grenzschichten der fraglichen Zellen angeheftet sind und zwar der Art, dass, wenn die letzteren sich in normaler Lage befinden, die Fasern auf der dem Iris-Stroma zugekehrten Seite der Zellen liegen, bei Betrachtung der hinteren Irisfläche von oben also unter den Zellen anzutreffen sind. Hieraus erklärt sich das Bild der Fig. 1, in welchem man spindelförmige Zellen einer deutlichen Faserschichte aufgelagert, nicht eingebettet findet. An guten Isolations-Präparaten erlernt man ferner, dass dem Protoplasma der Spindelzellen Pigment-Körnchen fast constant ankleben und demselben ihrer oftmals sehr regelmässigen dem Zellenleibe entsprechenden Lagerung halber wohl als eigenthümlich zugesprochen werden müssen. Ganz ähnlich verhält sich die Sache in den Regenbogenhäuten der Vögel, auch hier trifft man den Merkel'schen Pseudo-Dilatator deutlich entwickelt an. Ein Uebergang zwischen der radiären Zellenlage der hinteren Irisfläche und den Sphincter-Elementen besteht in der menschlichen Irisfläche ebenso wenig, wie in der Vogeliris. Die morphologische Beschaffenheit der ersteren gestattet nicht sie dem glatten Muskelgewebe beizuordnen; Zellen von dem Aussehen der Fig. 2 und 3 sind eben keine Muskelzellen.

Indem ich hiermit den neuen Merkel'schen Angriffen gegenüber meinen alt vertretenen Standpunkt gerettet zu haben glaube, kann ich die Bemerkung nicht unterdrücken, dass eine Bezweiflung des

hier mitgetheilten factischen Materials ihren Zweck vollständig verfehlen müsste, da meine Präparate genau den mitgetheilten Zeichnungen entsprechen und als objective Zeugen meiner Aussagen noch immer fortbestehen. Allerdings kann ich Niemand verwehren, auch die von mir isolirten Spindelzellen für Muskelzellen ansehen zu wollen, allein es wäre doch sehr fraglich, ob die völlige Nichtachtung aller morphologischen Principien, welche einem solchen Verfahren zu Grunde läge, den erlaubten Oppositionsmitteln zugerechnet werden dürfte.

Erklärung der Tafel XXIX B.

Vergrösserung 600fach. Zeichnungen mit der Camera lucida aufgenommen.

Fig. 1. Subepitheliale Spindelzellen des hinteren Iris-Pigments, an der Peripherie mit Pigment-Körnchen besetzt, einem feinfaserigen Gewebe aufliegend. Aus Müller'scher Flüssigkeit nach 8tägiger Einwirkung derselben.

Fig. 2. Spindelzellen nach gleicher Behandlung isolirt.

Fig. 3. Spindelzellen mit reichlichem Pigment an demselben Orte aus der Enten-Iris.

Ueber Tastkörperchen und rete Malpighii.

Von

Dr. Paul Langerhans,

Prosector und Privatdocent in Freiburg i. B.

Hierzu Taf. XXX.

Entfernt man von einem womöglich noch lebenswarmen Hautstückchen aus einer mit Tastkörpern versehenen Region das subcutane Fett durch flache Scheerenschnitte und legt das Präparat dann in eine reichliche Menge einer halbprocentigen Osmiumsäure, so ist meist nach 24 Stunden eine vollkommene Wirkung des Reagens erfolgt. Das Präparat ist dann sehr gut nach allen Richtungen schneidbar und die verschiedenen Färbungen, welche die Osmiumsäure bewirkt, sind deutlich ausgeprägt. Im bindegewebigen Theile der Haut sind nur die etwa nicht entfernten Fetttropfen und die markhaltigen Nerven dunkelschwarz tingirt; alles übrige zeigt einen leicht gelben Farbenton, der aber nach längerer Einwirkung des Reagens sowie ohne diese in Alkohol oder Glycerin nach einigen Tagen eine dunklere, bräunliche Nuancirung annimmt. Das rete Malpighii ist leicht gelbbraun gefärbt, ebenso die Schweissdrüsen; nur das Stratum corneum zeigt eine grössere Mannigfaltigkeit der Färbung, auf die wir unten zurückkommen wollen.

Betrachtet man nun an einem solchen Präparat ein Tastkörperchen, so findet man in all den Fällen, in denen das Reagens überhaupt das ganze Hautstück durchtränkt hat und dieses selbst im angegebenen Zustande d. h. noch lebenswarm in die Säure gelegt wurde, ein sehr überraschendes Bild (Fig. 1). Denn es sind

nicht nur die zutretenden Nervenfasern vollständig geschwärzt und dadurch auch in dem Theil ihres Verlaufes, welcher innerhalb des Körperchens liegt wenigstens zum grossen Theil deutlich zu übersehen, sondern es hat auch ein grosser Theil der als Querstreifen des Tastkörperchens bezeichneten Gebilde eine intensiv schwarze Färbung angenommen. Die so tingirten Gebilde zeigen in Form, Grösse und Anordnung eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit. Ein Theil von ihnen lässt am geschlängelten Verlauf, an der bedeutenden Grösse, oft am directen Zusammenhang mit den zutretenden Nerven sofort erkennen, dass wir in ihm eben jene von allen Autoren beschriebenen, auch am frischen und ohne Reagentien untersuchten Organ stets deutlich charakterisirten Theile des Nerven vor uns haben, die bald in einer ganzen oder halben Spiraltour aussen das Tastkörperchen umkreisen, bald als geschlängelte Fasern im Innern desselben verlaufen. Ich habe es nicht für nöthig erachtet von den ersteren besondere Abbildungen beizubringen, da dieselben sich ja doch von den in jedem Handbuch zu findenden nur durch die Schwärze unterscheiden würden; von den innen verlaufenden Fasern indess sieht man in Fig. 1 bei a einige leidliche Specimina. Neben diesen längeren, relativ schmalen Nervenfasern finden sich jedoch eine grosse Menge von andern schwarz gefärbten Gebilden, welche deutlich die Form von grösseren oder kleineren Knospen besitzen und bei Betrachtung mit kleinen Vergrösserungen sich oft nur durch die Farbe von Kernen unterscheiden. Dieser Unterschied ist nun aber ein vollkommen durchgreifender: denn es giebt in keinem Organismus einen Kern, welcher durch Osmiumsäure eine dunkelschwarze Färbung annimmt. Bei genauerer Betrachtung erweist sich nun, dass diese schwarzen Knospen doch nur ausnahmsweise eine reine Kernform besitzen. In den meisten Fällen sind sie erheblich kleiner als sonst Kerne zu sein pflegen, und fast immer laufen sie nach einer oder der anderen Seite in feinere Fäden aus, welche dann meist an der Peripherie des Organes umbiegen oder sich direct in's Innere desselben begeben und in beiden Fällen einer weiteren Verfolgung entziehen. Durchmustert man nun eine grössere Anzahl von Präparaten, so wird man nicht selten auf Tastkörper stossen, an denen es gelingt, den von einer solchen Knospe ausgehenden Faden weiter zu verfolgen und in seinem weiteren Verlaufe als identisch mit einem der längeren Elemente zu erkennen, welche

wir so eben als die bekannten und ziemlich allgemein anerkannten Nervenfasern im Innern des Organes genauer beschrieben haben. Ich habe solche Fälle in Fig. 3 und 4 dargestellt; in beiden ist der Nerv durch die angeführten Eigenschaften genügend characterisirt; in beiden erscheint die Endknospe in Uebereinstimmung mit allen anderen auf der Tafel abgebildeten Endknospen als deutliche Anschwellung des Nerven, welche einerseits in ihm ihre unmittelbare Fortsetzung findet, andrerseits zugerundet endet. Obwohl es nun nie gelingt alle oder auch nur die Mehrzahl der Endknospen an einem Tastkörper in Verbindung mit Nerven zu sehen, so sind es doch zwei Momente — ausser den angeführten, vollkommen sichern Beobachtungen — welche mich dennoch bewegen, sie sämmtlich als Endknospen in Anspruch zu nehmen. Nämlich einmal die eigenthümliche Gruppirung, welche derjenigen entspricht die Meissner in seiner klassischen Arbeit für seine Endknospen angiebt, und sodann die Reaction. Es giebt meines Wissens im Körper nur vier Dinge, welche nach dem 24stündigen Aufenthalt in Osmiumsäure eine tintenschwarze Farbe annehmen: nämlich Theile des Stratum corneum, die Aussenglieder der Retinastäbchen, Fett und Myelin. Die ersten drei davon sind hier ausgeschlossen; es muss also Myelin sein, was sich im Tastkörper schwarz färbt, und alle als Endknospen beanspruchten Gebilde sind somit echt nervöse Elemente, von denen allerdings nicht immer von jedem einzelnen auch die Continuität sich nachweisen lässt.

Legt man nun Querschnitte durch die ebenso wie oben behandelte Haut, so heben die Tastkörper sich genügend von der übrigen Substanz der Papillen ab um deutlich erkennbar zu sein. Man sieht dann bald neben denselben Durchschnitte von Nerven, bald aber, namentlich gegen die Spitze der Organe hin, also bei oberflächlichen Handquerschnitten, fehlen dieselben. Im Tastkörper selbst aber (Fig. 2) bemerkt man stets eine grössere Anzahl von schwarzen Punkten, die sich durch Farbe und Gestalt als Nervenquerschnitte documentiren, sieht daneben ebensowohl näher an der Peripherie als mitten im Centrum unzweifelhafte Nervenfasern in gewundenem Verlaufe und ebenso in allen Theilen eines Querschnittes, allerdings häufiger an der Peripherie deutliche Endknospen, von denen in Fig. 2a eine mit der Nervenfaser in deutlicher Verbindung steht.

Obwohl nun die Untersuchung des Nervenverlaufes am und im Tastkörper durch die angegebene Methode so unerwartet erleich-

tert wird, ist es dennoch schwer, ein deutliches Bild von dem Nervenverlauf im Ganzen zu gewinnen. Man sieht den zutretenden Nerven, oft wie bekannt nach ein- selbst zweimaliger Umkreisung des ganzen Organes, oft wie in Fig. 1, direct in's Innere desselben eintreten, sich gelegentlich theilen und dann meist sehr stark verschmälern; darauf sieht man ihn im Inneren weiterziehen, in mannichfaltiger Weise gewunden und gelegentlich in eine oder die andere Endknospe übergehen. Immer aber bleiben zahlreiche Endknospen wie erwähnt ohne nachweisbaren Zusammenhang mit den zutretenden Nerven und es sind ausser den angeführten Momenten nur die feinen in's Innere sich einsenkenden Fortsätze derselben, welche die nicht sichtbare Verbindung mit den Nerven herstellen. Ich würde unnöthiger Weise bereits vielfach Gesagtes wiederholen, wollte ich ausführlich die Gründe anführen, welche diese Schwierigkeiten hervorrufen; ich verweise deshalb auf die Betrachtungen, welche W. Krause auf pag. 111 seiner Monographie über die Terminalkörperchen [1]) anstellt, und begnüge mich zu erwähnen, dass die Dicke des Organes, die grosse Anzahl der zusammengedrängten Nervenenden und der nothwendig daraus folgende complicirte Verlauf der Nervenfasern die glückliche Verfolgung einer Faser bis zur Endknospe natürlich sehr erschweren muss.

Die Anschauung, die wir so vom Nervenverlaufe und der Nervenendigung im Tastkörperchen gewonnen haben, stimmt nun vollkommen überein mit derjenigen, die Meissner [2]) von Anfang an aufgestellt hat, und die von allen Nachuntersuchern am consequentesten von W. Krause verfochten worden ist. Nur mit dem Unterschied, dass die Nerven in keiner Stelle ihres Verlaufes ihr Myelin einbüssen, sondern vielmehr bis zum Ende mit solchem versehen sind. Es war allerdings vor der Einführung der Osmiumsäure in die Histologie unmöglich, das sicher festzustellen; aber mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit folgte es doch schon aus der Natur der Methode, welche Meissner selbst fast ausschliesslich angewendet hat und welche nach ihm die Parole aller derjenigen geworden ist, die seiner Ansicht sich anschlossen: nämlich aus der Wirkung der Kalilauge. Denn dieses Reagens besitzt bekanntlich die sehr vorzügliche Eigenschaft, myelinhaltige Nerven

1) Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover 1860.
2) Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1853.

eine Zeit lang ausserordentlich schön sichtbar zu machen, während sie fast alle anderen Gewebsbestandtheile namentlich, aber blasse Nerven sehr energisch zerstört. Die Endknospen nun treten nach Anwendung der Kalilauge deutlich hervor; ja dieses Reagens ist selbst neben der Osmiumsäure stets zur Untersuchung der Tastkörper auf den Nervenverlauf hin zu empfehlen; aber das eben nur weil die Nerven bis zum Ende hin myelinhaltig bleiben. Blasse Nerven würden nicht erhalten werden, und darum wird man auch der Opposition gegen Meissners Ansicht eine gewisse Berechtigung, wenn auch nur mehr eine historische zugestehen müssen. Denn wären die Endknospen blass, wie Meissner noch annahm, so hätten sie durch sein Reagens vernichtet werden müssen. —

Wenn ich so einerseits mich freue, in Bezug auf den Verlauf der Nerven im Grossen und Ganzen den Ansichten Meissners eine neue Stütze geben zu können, und zwar eine Stütze, von der ich hoffe, dass sie denselben bald überall da, wo es durch freundliche Beziehungen zwischen der Anatomie und der chirurgischen Klinik gelingt, frisches Material zu bekommen, zur Anerkennung verhelfen wird, so weichen andrerseits die Beobachtungen, welche ich über den Bau des ganzen Organes gemacht habe, sehr von denjenigen ab, die bisher aufgestellt worden sind, und erklären die Möglichkeit einer Ansicht, die Tomsa aus seinen eingreifenden Macerationen herausbildelte.

Betrachtet man nämlich einen möglichst feinen Schnitt eines Tastkörperchens, der nach der oben angegebenen Methode gewonnen wurde, so bemerkt man überall (Fig. 3, 4, 5, 6) zwischen den schwarzen Nervenelementen grosse helle Kerne, welche von einer namentlich im Längsschnitt äusserst geringen Menge von Zellsubstanz umgeben werden. Es ist mir leider nicht gelungen, durch Karminlösungen eine vollständige Färbung dieser Kerne an Osmiumpräparaten zu erzielen. Aber durch 26 stündigen Aufenthalt feiner Schnitte in einprocentiger Pikrocarminlösung oder auch in Gerlach'chem Carmin nehmen die Kerne doch einen leichten Sepiaton an, welcher ihre Beobachtung erleichtert. Trotzdem ist es nicht leicht, dieselben zu sehen; hat man sie aber einmal gesehen, so wird man sie bald selbst an dickeren Schnitten wiederfinden und zwar wie erwähnt überall zwischen den Nervenknospen, am deutlichsten aber an den Seiten eines Längsschnittes, da sie hier, wie die Muskelkerne der Arterien, meist im optischen Querschnitt erscheinen und so durch die grössere Menge ihrer Substanz, welche der Lichtstrahl

durchdringen muss, deutlicher hervortreten. Ausserordentlich schöne Färbungen bekommt man jedoch durch Hämatoxylinlösung und dieses Reagens verdient deshalb entschieden hier den Vorzug vor dem Carmin.

Die Kerne sind relativ gross, meist erheblich grösser als die Nervenendknospen, und stimmen in ihrem Aussehen fast immer vollkommen überein mit den anderen im Präparat sichtbaren Kernen, namentlich denen im Bindegewebe. Sie sind umsäumt von einer geringen Menge von Zellsubstanz die sich in Längsschnitten in der Richtung der Queraxe des Tastkörperchens hinzieht und somit den Kern deutlich als das Centrum einer wahren Zelle erkennen lässt. Wir sehen somit zwischen den nervösen Elementen wahre echte Zellen, deutlich von einander getrennt und zwischen ihnen in einer Weise gruppirt, welche oft dem ganzen Gebilde das Aussehen übereinander liegender Stockwerke verleiht. Es kann vorkommen, und ist mir namentlich öfter passirt als ich vor sechs Jahren zum ersten Male mit der Goldmethode an die hier behandelte Frage mich machte, dass eines oder das andere dieser Stockwerke aus dem Tastkörperschnitte herausfällt, und das ganze Organ so in der Mitte unterbrochen ist. Auf Querschnitten (Fig. 7 und 8) nun bemerkt man ebenfalls die Kerne sehr deutlich, und es gelingt oft in überraschender Klarheit die ganze Zelle zur Anschauung zu bekommen, wie es z. B. an Fig. 7 und 8 bei a der Fall ist. Auch auf Querschnitten finden sich diese Zellen überall zwischen den nervösen Elementen; sie sind also keineswegs auf die Peripherie beschränkt, sondern kommen ganz ebenso im Innern des Organes vor, und nicht selten findet man gerade das Centrum von einer oder zwei Zellen eingenommen, wie dies ein Querschnitt zeigt der auf Fig. 7 abgebildet ist. Wir sehen somit das ganze Tastkörperchen aus einer grossen Menge von einzelnen Zellen aufgebaut, welche sich durch Zartheit und geringe Menge von Zellsubstanz characterisiren, nnd zwischen ihnen in allen Theilen des Organes die nervösen Elemente angeordnet. Es fällt damit die bis jetzt so streng verfochtene Eintheilung in Bindegewebshülle und Innenkolben; nie und nirgends existirt ein durchgreifender Unterschied zwischen der Peripherie und dem Innern; niemals findet sich eine Ansammlung fein moleculärer Substanz im Centrum des Organes im Sinne der meisten Autoren, ja es besitzt der Zellhaufen, den man Tast-

körper nennt, nicht einmal eine eigene, umschliessende Membran. Ueberall stossen die peripheren Zellen direct an das umgebende Bindegewebe und nur nach längerer Einwirkung eines Reagens kann es vorkommen, dass das starre Aussehen der umgebenden Bindegewebsschichten eine eigene Membran vortäuscht. Das Tastkörperchen isolirt sich aus diesem umgebenden Gewebe mit Leichtigkeit, und nie wird man am isolirten Organ, z. B. an isolirten Querschnitten den Anschein einer Membran entdecken.

Die Anzahl der einzelnen Zellen, welche das ganze Organ constituiren, sowie die Grösse der nervösen Elemente machen oft Schnitte der Tastkörper eines Erwachsenen so complicirt, dass sie ziemlich schwer verständlich sind. Die Menge von Dingen, die man an ihnen wahrnimmt, gestattet mir nicht einmal eine Abbildung eines ganzen Organes; sie würde unverständlich oder allzu schematisch sein; und ich habe deswegen nur Theile von Tastkörpern abgebildet, bei denen die Schnittrichtung besonders günstig die Anordnung der einzelnen Elemente erkennen liess. So in Fig. 3 das untere Drittheil, in Fig. 5 ein Stück aus der Mitte, in Fig. 6 die Spitze eines Tastkörperchens.

Verhältnissmässig leichter ist es in diesen Beziehungen bei jüngeren Individuen einen Ueberblick zu gewinnen, nämlich bei Kindern von einigen Monaten. Die nervösen Elemente sind bei ihnen viel kleiner; namentlich die Endknospen erreichen nie eine solche Grösse, dass sie mit Kernen verwechselt werden könnten, und andrerseits liegen die relativ wenigen Zellen, aus denen das Organ sich aufbaut, etwas lockerer, so dass es hier entschieden leichter ist, die Anordnung derselben zu übersehen. Leider ist es schwer, geeignetes Material aus diesem Lebensalter zu bekommen, und das $2^1/_2$ monatliche Kind, dessen Zeigefinger Fig. 9 entnommen ist, war auch bereits über 12 Stunden todt, ehe ich es zur Verfügung bekam. Dem entsprechend ist die Reaction der Nervenelemente eine ungenügende; die Zellen aber treten mit aller wünschenswerthen Klarheit hervor. Bei einjährigen Individuen ist die Zahl der Zellen schon eine weit grössere und ihre Untersuchung bietet daher kaum Vortheile vor der der Erwachsenen.

Von Neugeborenen hat mir ebenfalls genügend frisches Material durch Zufall gefehlt; ich kann aber Krause's Angaben, dass auch bei ihnen bereits kleine Tastkörper mit deutlichen Querstreifen, d. h. deutlich markhaltigen Nervenfasern vorhanden sind, bestätigen.

Natürlich wirft sich nun die Frage nach der Natur dieser Zellen auf. Leider ist es mir nicht gelungen, dieselben chemisch oder mechanisch zu isoliren und ich kann somit nur aus der Vergleichung von Längs- und Querschnitte auf ihre Gestalt schliessen. Es wären danach platte Zellen mit sparsamem Inhalte, welcher von ihren grossen Kernen aus noch nach einer oder beiden Seiten sich erstreckt. Gestalt der Kerne, der Zellen und mehr fast noch ihre Färbung stimmen mit der von Bindegewebszellen überein und es wird daher gerathen sein sie bis auf Weiteres der gemischten Gesellschaft dieser Elemente anzureihen. Gegen eine epitheliale Natur sprechen zwei Momente: ihre von der der Rete-Zellen abweichende Färbung und der Mangel an Riffen und Stacheln zwischen ihnen. An der unteren Circumferenz des Tastkörpers sind stets einige Zellen deutlich zu erkennen; ebenda sieht man bei jüngern Individuen einige minder fest mit den anderen vereinte Elemente. Nimmt man dazu, dass bei diesen die Nervenenden im oberen Theile des Organs deutlicher und scheinbar früher erscheinen als unten, so liesse sich bei einigem Leichtsinn eine Wachsthums-Hypothese schon motiviren.

Um nicht dem Vorwurfe zu grosser Einseitigkeit der Methode zu verfallen, — welcher übrigens was Erhaltung der Formen und die oben besprochene Reaction anlangt, gegen die Anwendung des Osmium nicht erhoben werden kann — habe ich noch mit einigen anderen Methoden die Tastkörper untersucht. Bei Schnitten gefrorener Haut kann man, wenn dieselben genügend fein sind, die blassen Kerne deutlich wahrnehmen, sowohl auf Längs- als Querschnitten, und bei einiger Uebung wird man die nervösen Elemente von den Kernen unterscheiden lernen. Aber die Grenzen der Zellen treten hier natürlich nicht deutlich hervor. Auch nach Erhärtung in Kali bichrom. gelingt es auf feinen Querschnitten überall im Innern des Organes unsere Kerne wahrzunehmen und an der Gestalt auch von Nervenelementen zu unterscheiden. In dieser Beziehung ist es übrigens ganz interessant, die Zeichnungen der einschlägigen Arbeiten zu mustern; nicht selten wird man mit Sicherheit bestimmen können, ob ein Kern oder eine Nervenknospe dem gezeichneten Querstreifen zum Objecte diente.

Die Beobachtungen, die ich hier über die Structur des Tastkörpers beigebracht, weichen nun allerdings recht erheblich von allen früheren Angaben ab. Aber sie haben nicht nur den Vorzug

mit Hülfe einer den alten so weit überlegenen Methode angestellt zu sein, sondern auch den zweiten, eben aus den Methoden der Forscher zu erklären, dass und warum sie zu ihrer eigenen Ansicht kommen mussten. Man wird mir gern erlassen, die ganze einschlägige Literatur hier zu recapituliren. Sie findet sich ausserdem sehr vollständig zusammengestellt in Krause's oben angeführter Monographie. Die alte Controverse spitzte sich bekanntlich in drei Ansichten zu; Meissner liess nur in der „bindegewebigen Hülle" einige Kerne gelten, und sprach alle anderen „Querstreifen" als Nervenknospen an. Wir haben oben bereits gesehen, dass seine Beobachtungen über die Nerven in diesen Zeilen nur eine neue Stütze finden können. Aber alles was nicht myelinhaltig war, hat Meissner mit seiner Natronlauge consequent zerstört, und schon ein Blick auf die Zeichnungen von Meissner und die von andern Autoren, deren Reagentien die Kerne deutlicher machten, wie die Gerlach's[1]) oder Oehl's[2]), lässt die ganz enorme Differenz zwischen der Anzahl der von Meissner beobachteten und der von jenen gezeichneten „Querstreifen" erkennen. Der Irrthum Meissners ist also die einfache Folge seiner Methode, die eben alles was nicht Nerv war, in die moleculare Masse verwandelte.

Kölliker ist der Repräsentant der zweiten Ansicht. Auch er unterscheidet Innenkolben und Hülle und verfolgt die Nerven nur soweit sie, fast möchte ich sagen, makroskopisch sichtbar sind. Auch diese Beobachtungen lassen sich mit den meinen ganz gut in Einklang bringen, wenn man die Differenz der Methode berücksichtigt. Essigsäure muss die Kerne deutlich hervortreten lassen und muss die Nervenendknospen zu Dingen coaguliren, welche solchen Kernen ziemlich ähnlich sind. Dass man dann hinter den Kernen, deren Menge eine so bedeutende ist, nur einen ziemlich undeutlichen Innenkolben wahrnimmt, ist wohl einleuchtend[3]).

Tomsa[4]) endlich hat eine eigene Ansicht vom Baue der Tastkörper aufgestellt, welche sich zwar nur ziemlich absprechender

---

1) Mikroskopische Studien Taf. VII Fig. 2.

2) Indagini di anatomia microscopica per servire allo studio dell' epidermide e della cute palmare della mano. Milano 1857 Taf. VIII 54.

3) Das Querschnittsbild in Köllikers Histologie von 1867 Fig. 63 B, pag. 106 muss viel Essigsäure bekommen haben.

4) Wiener mediz. Wochenschrift 1865 No. 52.

Beurtheilung erfreut hat, aber dennoch recht gut mit meinen Beobachtungen sich erklären lässt. Er hat bekanntlich die Haut in der Ludwig-Tomsa'schen Mischung von Alkohol und Salzsäure gekocht und die Tastkörperchen dadurch in eine grosse Anzahl von Zellen zerlegt, in die er nun den Nerven direct übergehen lässt. Die angegebene Mischung nun macht markhaltige Nerven so vollkommen unkenntlich, dass Tomsa über den Verlauf derselben mit seiner Methode unmöglich etwas sehen konnte. Dafür aber kann man bindegewebige Zellen recht schön mit ihrer Hülfe darstellen, und diese hatte denn auch Tomsa isolirt. Ich muss übrigens bemerken, dass mir so vollständige Zerlegungen, wie Tomsa mit derselben Methode nie gelungen sind.

Der Vollständigkeit halber wäre noch zu erwähnen, dass in neuerer Zeit Rouget[1]) eine Arbeit über die Tastkörper geliefert hat, in der er sich zwar im wesentlichen Meissner anschliesst, aber doch gern die Terminalfasern „wie mit einer Endplatte eines motorischen Nerven" mit seinem molecularen Innenkolben zusammen hängen lassen möchte. Trotz der grossen Neigung dazu hat er es aber nicht gesehen; ich auch nicht. —

Nachdem ich so gezeigt, dass die verschiedenen im Verlaufe der so lebhaft geführten Tastkörpercontroverse zur Geltung gebrachten Ansichten mit Nothwendigkeit aus den Methoden folgten, welcher ihre Autoren sich bedienten, bleibt mir noch ein Punkt zu besprechen, in dem ich leider keinen Abschluss meiner Untersuchung erzielen konnte. Es ist dies das Verhalten der Nervenscheide. Dieselbe soll wohl nach allen früheren Angaben direct übergehen in die Hülle des Tastkörperchens. Ich vermochte sie nun mit Sicherheit noch eine Strecke weit als deutlich doppelte Contouren zur Seite des Nerven mit demselben ins Innere des Tastkörperchens hinein zu verfolgen, wie dies z. B. bei Fig. 1 an dem linken Tastkörperchen zu sehen ist, ohne dass ich jemals im Inneren einen Kern in ihr beobachtet habe. Ob sie aber noch weiter geht und vielleicht um alle Endknospen eigene Scheiden bildet, vermag ich nicht zu entscheiden; bisweilen hatte es ganz den Anschein, als wäre es der Fall. Auf Längsschnitten sieht man eine solche Menge von leicht gefärbten Linien, welche oft deutlich scheidenartig die Endknospen umgeben, auf Querschnitten selbst um feine Nervenquerschnitte

1) Comptes rend. Band LXVI pag. 825.

herum eine so deutliche Scheide, dass man der erwähnten Ansicht sehr geneigt ist.

Aber andrerseits sind die Zellen selbst so inhaltarm, dass die Linien auch von Querschnitten von solchen, oder von Zellcontouren herrühren können. Es ist hier also eine Lücke in meinen Beobachtungen, die ich zur Zeit nicht auszufüllen im Stande bin.

Vor einigen Jahren habe ich einen kurzen Auszug aus einer damals von der Berliner Facultät gekrönten Preisschrift über die pathologische Anatomie der Tastkörper [1]) veröffentlicht. Der Auszug ist so kurz, dass Henle [2]) in seinem Jahresbericht pro 1869 mit Recht rügt, es sei weder gesagt, ob stets Anaesthesien vorhanden gewesen noch ob eventuell auch die unteren Extremitäten untersucht worden seien. Ich erlaube mir als Ergänzung dieser Unterlassungen zunächst zu bemerken, dass in der That ausnahmslos die unteren Extremitäten untersucht wurden und zwar sowohl von der gesunden als von der kranken Seite, und dass bei den damals mitgetheilten Fällen cerebraler Erkrankungen stets bedeutende Sensibilitätsstörungen vorhanden waren, wo nicht das Gegentheil bemerkt ist oder aus der kurzen Krankengeschichte hervorgeht, dass keine Möglichkeit vorhanden war die Sensibilität zu untersuchen. Bei den Rückenmarkserkrankungen ist die Angabe über Sensibilitätsstörungen fast immer gemacht; sie fehlt in einigen Fällen von Tabes, lediglich darum, weil die Sensibilitätsstörung bei diesem Leiden bekanntlich oft so wenig hervortritt, dass sie wissenschaftlich — damals wenigstens — controvers war.

Aber noch aus einem andern Grunde erlaube ich mir auf die alte Arbeit zurückzukommen. Ich hatte damals in jedem einzelnen Falle frische Tastkörper in indifferenten Agentien (Speichel oder Jodserum) isolirt, und mich bei dem Stande der Frage nach der Art der Nervenendigung begnügen müssen, zu constatiren, dass ihr Aussehen mit dem vollkommen gesunder und nach der gleichen Methode behandelter Tastkörper übereinstimme. Versuche die ich damals machte, um über die Nervendigung ins Klare zu kommen, waren resultatlos gewesen.

---

1) Virchow's Archiv Band 45.

2) Jahresbericht für 1869 pag. 95.

Trotzdem hatte ich damals diejenigen Gebilde, welche ich nun durch ihre Osmiumreaction von ihren Kernen unterscheiden gelernt, stets vor Augen gehabt. Denn an einem frisch isolirten Tastkörper, der nicht mit Agentien behandelt ist, kann man stets wenigstens die grössern Endknospen an ihrem eigenen Glanze deutlich von den Kernen unterscheiden, und da ich sonst nichts merkwürdiges an den Tastkörpern zu sehen hatte, habe ich mich damals immer bemüht, diese leicht glänzenden Knospen aufzufinden.

Die Beobachtungen, welche meiner früheren Arbeit zu Grunde lagen, haben also immerhin von dem geringen Interesse, das sie überhaupt boten, auch bei Anerkennung der Resultate dieser Arbeit nichts eingebüsst und sind in dem Sinne verwerthbar, den ich damals hervorhob.

II.

Bei Besprechung der Einwirkung der Osmiumsäure auf die verschiedenen Lagen der Haut habe ich oben bemerkt, dass, während das rete Malpighii einen gleichmässig gelbbraunen Ton annimmt, im Stratum corneum verschiedene Färbungen auftreten. In Fig. 10 habe ich dieselben in der Haut eines $2^1/_2$monatlichen Kindes darzustellen versucht. Das stratum corneum (Fig. 10a) nimmt, wenn genügend Osmiumsäure vorhanden war, eine tiefschwarze Färbung an, die sich von der oberen Grenze fast bis zur unteren erstreckt; doch erreicht sie diese untere Grenze nicht, denn es bleibt hier fast ausnahmslos eine dünne Schicht frei, welche in der Mehrzahl der Fälle die Dicke von zwei Zellen zeigt, aber auch etwas schichtenreicher vorkommt. Diese nimmt nur einen gelben Farbenton an, der die ganz hell bleibenden Kerne sehr deutlich hervortreten lässt (Fig. 10b).

Ist nicht genügend Osmiumsäure vorhanden gewesen, so tritt keine so gleichmässig schwarze Färbung des ganzen Stratum corneum ein; dies ist in der Regel der Fall bei Erwachsenen, deren Hornschicht ja überhaupt dicker ist, und es findet sich dann nur ein schmaler Streifen dunkel- schwarz gefärbt. Dieser Streifen entspricht ausnahmslos dem Theile, den ich in der angegebenen Figur geschwärzt dargestellt habe, und es folgt auf ihn nach unten, noch eine dünne, eben meist aus zwei Zellenlagen bestehende Schicht, welche dann vollkommen weiss und durchscheinend bleibt. Die Elemente dieser

Schicht erscheinen stets in eigenthümlicher Weise längsgestreift, d. h. gestreift in der Richtung der Längsachse der Coriumpapillen und somit quer zu ihrem eigenen grössten Durchmesser. Diese helle Schicht ist es, welche Oehl und Schön als Stratum lucidum zum rete Malpighii rechnen.

Es ist natürlich an sich ziemlich gleichgültig, ob man sie diesem oder der Hornschicht zuertheilen will; aber die vollkommene Gleichmässigkeit der Färbung, welche alle unter ihr liegenden Zellenschichten darbieten, wie die ausserordentliche Schärfe, mit der sich ihre Elemente stets von diesen abgrenzen, während sie bei anderen Methoden nach dem Stratum corneum zu keine so scharfe Grenze besitzen, lässt es unzweifelhaft, dass die allgemein angenommene Grenze zwischen rete und Hornschicht unter — nicht über dieser Lage sich befindet. Aber die Lagen des rete Malpighii zeigen doch bei aller Gleichmässigkeit der Färbung eine bemerkenswerthe Differenz; denn die beiden oberen Zellenreihen unterscheiden sich von den tiefern stets durch einen ganz eigenthümlichen körnigen Inhalt, und sondern sich so von den tieferen Lagen als eigene, in der Figur mit c bezeichneten Schicht ab. Diese Schicht ist, wie bemerkt, meist ebenfalls zwei Zellreihen dick; aber während ihre obere Gränze ausnahmslos sehr scharf ist, tritt ihre untere Begrenzung nicht immer mit der gleichen Deutlichkeit hervor, indem gelegentlich in den nächst anstossenden Elementen auch noch feine Körnchen wenn auch in geringerer Menge erscheinen.

Ich habe die besprochenen Lagen in jedem Lebensalter gefunden, und gebe in Fig. 11 die Zeichnung eines Präparates vom Neugeborenen, in Fig. 12 vom Erwachsenen. In beiden tritt einerseits die helle, tiefste Schicht des Stratum corneum, das Stratum lucidum von Oehl bei (b) deutlich hervor; andrerseits hebt sich unter ihm die körnchenhaltige doppelte Zellenlage bei (c) auch von den tieferen Lagen des rete deutlich ab. Es ist mir an Osmiumpräparaten nicht gelungen, in dieser körnchenhaltigen oberen Schicht des rete die Schultze'schen Stacheln und Riffe zu sehen, während sie, wie ein Blick auf die Zeichnungen lehrt, unmittelbar unter ihr deutlich hervortreten.

Ueberraschend klar treten die beschriebenen Verhältnisse hervor, wenn man ein noch warmes Hautstück gefrieren lässt und dann feine Schnitte in Pikrocarmin färbt. Es nehmen dann die Zellen des Stratum lucidum eine hellrothe Farbe an, welche nach oben zu

ganz allmählig verstreicht; die Elemente der oberen Reteschicht zeigen eine sehr intensive Färbung ihrer einzelnen Körnchen und heben sich dadurch in der in Fig. 13 wiedergegebenen Schärfe ab. Sie umgeben mit zierlicher Anordnung auch die Trichter der Schweissdrüsen. Nach unten zu besitzen dann die Zellkerne im rete Malpighii eine intensivere Carminfärbung die Zellen selbst nur einen leichten Anflug. Dabei zeigt es sich, dass in unserer körnchenhaltigen Lage die Körnchen einen peripheren Theil der Zelle frei lassen, welcher als leicht gelblicher Saum zwischen den einzelnen körnigen Zellen erscheint. Flachschnitte, Fig. 14, lassen erkennen, dass unsere körnerhaltigen Zellen in regelmässigen polygonalen Figuren aneinander stossen. Auch die Anwendung der gewöhnlichen Gerlach'schen Carminfärbung lässt die gleichen Verhältnisse, wenn auch minder deutlich hervortreten.

Wir haben so mit Hülfe der beiden angeführten Methoden in den obern Lagen des rete Malpighii Elemente aufgefunden, welche in der lebhaften Zuneigung zur Farbstoffimprägnation wie in ihrem körnigen Inhalt Charaktere besitzen, die man jüngeren Elementen überhaupt zuschreibt. Ausserdem unterbricht diese Schicht sehr stark das acceptirte Schema von der allmähligen Metamorphose der Elemente des rete in die Schüppchen des Stratum corneum, welches mit den hohen Cylinderzellen der unteren Reteschicht anzufangen und mit einigen kernlosen Schüppchen des Stratum corneum zu endigen pflegt. Schon das Verhalten des Pigmentes in der Haut der gefärbten Rassen spricht gegen eine Betheiligung der unteren Zelllagen des rete bei der physiologischen Regeneration der Hornschicht. Auch die Kenntniss der so merkwürdig angeordneten stabilen Elemente im rete Malpighii, welche ich früher beschrieben habe [1]) und welche seitdem von verschiedenen Forschern ebenfalls aufgefunden, von Niemand bestritten worden sind, schien mir dafür zu sprechen, dass man den eigentlichen physiologischen Mutterboden des Stratum corneum über diesen Elementen in den obern Schichten des rete zu suchen habe. Ich glaube, dass die jetzt beschriebenen Eigenthümlichkeiten der oberen Reteschichten dieser Hypothese einige Stütze zu verleihen im Stande sind, ohne mich übrigens darüber zu täuschen, dass sie nach wie vor eine erst ferner zu discutirende Hypothese ist.

1) Virchow's Archiv Bd. 44.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXX.

Fig. 1. Längsschnitte von Tastkörpern von der grossen Zehe circa 200 : 1.
Fig. 2. Querschnitte vom Zeigefinger 200 : 1.
Fig. 3. Unteres Drittheil eines Längsschnittes. Fusszehe 1100 : 1.
Fig. 4. Schrägschnitt vom Finger. 1100 : 1.
Fig. 5. Mittlerer Theil eines Längsschnittes (vom Fusszehen). 1100 : 1.
Fig. 6. Spitze eines Längsschnittes ebendaher. 1100 : 1.
Fig. 7. Querschnitt eines Tastkörpers vom Fussrücken 1100 : 1.
Fig. 8. Theil eines solchen ebendaher. 1100 : 1.
Fig. 9. Tastkörperlängsschnitt vom Zeigefinger eines $2^1/_2$ Monat alten Kindes 1100 : 1.
Fig, 10. Durchschnitt durch die Epidermis desselben Kindes ebendaher 1100 : 1.
a. Stratum corneum,
b. Stratum von Oehl,
c. obere Lage des rete (d).
Fig. 11. Dasselbe vom Zeigefinger eines Neugeborenen, 1000 : 1. Bezeichnungen hier und in den folgenden Figuren wie in Fig. 10.
Fig. 12. Ebendasselbe vom Fusse des Erwachsenen. 1100 : 1.
Fig. 13. Ebendasselbe vom Fusse eines 14jähr. Knaben. Frisch gefrorener Schnitt in Pikrocarmin gefärbt. 1100 : 1.
Fig. 14. Ebendasselbe. Flachschnitt, ebenso behandelt. 1100 : 1.

Ueber die Haut der Larve von Salamandra maculosa.

Von

Dr. Paul Langerhans.

Prosector und Privatdocent in Freiburg i. B.

Hierzu Taf. XXXI.

Die Haut der Larve des Landsalamanders ist mit einem zweischichtigen Epithel bekleidet. Die Elemente der oberen Schicht erscheinen bei Betrachtung von oben oder unten als sehr regelmässige Polygone; sie wenden der Oberfläche den bekannten, gestrichelten Cuticularsaum zu, den beim Salamander Leydig [1]), bei den Larven der Frösche Remak, bei Bombinator igneus Eberth [2]), bei Tritonen und anderen F. E. Schulze [3]) beschrieben haben und zeigen an ihren anderen Flächen einen Besatz von äusserst zierlichen Stacheln und Riffen, der selbst bei sehr schonender Behandlung leicht zerstört wird und nur bei Isolirung der ganz frischen Zellen in $^1/_{10}$ procentiger Osmiumsäure und Anwendung von Immersionslinsen deutlich zu sehen ist. Die Seitenflächen sind im Ganzen eben, die untere Fläche dagegen in wechselnder Weise eingebuchtet zur Verbindung mit den Zellen der tieferen Schicht. Zwischen Kern und Cuticularsaum ist eine bald grössere, bald geringere Menge von Pigment angesammelt. Die regelmässige Anordnung dieser Zellen erleidet nur zweierlei Unterbrechungen: einmal über den sog. Seitenorganen, worauf wir unten zurückkommen wollen, und dann an verschiedenen Stellen des Leibes, am häufigsten am Bauche, dadurch

1) Ueber Organe eines sechsten Sinnes: Verhandlungen der Leopoldino-Carolina Band 34. pag. 20.

2) Dieses Archiv II, 498.

3) Dieses Archiv V, 299 ff.

dass zwischen den grossen Polygonen der platten Epithelien kleinere Felder eingeschaltet sind, die bald ebenfalls polygonal sind, bald eine Gestalt besitzen, welche an die Spaltöffnungen der Pflanzen erinnert (Fig. 1). Diese Stellen sind in der Regel weniger pigmentirt, als die Nachbarschaft. An Isolations- oder Schnittpräparaten überzeugt man sich, dass sie dadurch hervorgebracht werden, dass zwischen die grossen Epithelien kleinere rundliche Elemente sich einschalten, welche aber ebenfalls eine Cuticula besitzen (Fig. 2) und bis auf ihre Gestalt und geringere Pigmentirung mit den anderen Elementen der oberen Zellschicht vollkommen übereinstimmen. Der Cuticularüberzug der Haut unserer Thiere erleidet also an diesen Stellen keine Unterbrechung; er setzt sich vielmehr — mit alleiniger Ausnahme der Seitenorgane — gleichmässig über den ganzen Körper, mit Einschluss der Conjunctiva fort, und zwar während des ganzen Larvenlebens, von der Geburt bis zur Metamorphose.

Diese Thatsache ist von Wichtigkeit für die Bedeutung einer ganz eigenthümlichen Art von Zellen, welche einen grossen Theil der tieferen Zellenlage des Hautepithels ausmacht und von Leydig [1]) zuerst unter dem Namen der Schleimzellen erwähnt worden ist. Die Schleimzellen Leydig's sind nicht über den ganzen Körper des Thiers verbreitet: sie erstrecken sich nämlich am Schwanze nur auf die mittlere Partie der Seitenflächen, fehlen somit dem flossenartigen Saum desselben, und kommen ferner am Rande des Unterkiefers, an den Kiemen und an den Unterschenkeln und Füssen nicht vor. Den anderen Regionen der Haut jedoch kommen sie zu und schalten sich ungefähr in der Weise, wie dies Fig. 3 darstellt, zwischen die übrigen Elemente der tieferen Zellage ein. Sie sind in mehreren Beziehungen von diesen verschieden. Zunächst durch die sehr beträchtliche Grösse; ihr Durchmesser übertrifft den kleinen Durchmesser der anderen Zellen um das Drei- bis Vierfache. Sodann durch einen eigenthümlichen, grobkörnigen aber stets vollkommen farblosen Inhalt, dessen einzelne Granula durch Osmium einen leichten Sepiaton annehmen (Fig. 5). Ferner durch eigenthümliche Gestaltung des stets genau in der Mitte liegenden Kernes, welcher mehrfach gelappt erscheint und durch Osmiumeinwirkung sich schnell bräunt (Fig. 5). Endlich aber durch den Besitz einer eigenen, resistenten und sehr leicht isolirbaren Membran, welche eine äusserst

1) Untersuchungen über Fische und Reptilien pag. 107 und 108.

zierliche, netzartige Zeichnung besitzt (Fig. 4). Diese Zeichnung tritt durch Reagentien, namentlich Osmium, deutlicher hervor und rührt her von kleinen regelmässigen Verdickungen der Membran, die auf dem optischen Querschnitt (Fig. 5) als dunklere Pünktchen erscheinen. Zwischen diesen rippenartigen Verdickungen erscheint die Membran vollkommen homogen und erst eine ganz leichte Färbung, welche nach Anwendung von Anilin entsteht, giebt die Gewissheit, dass zwischen den Verdickungen in der That eine geschlossene Membran existirt und nicht, wie dies ohne das Reagens scheint, eine vollkommene Unterbrechung ihrer Continuität stattfindet.

Zwischen diesen Schleimzellen liegen gewöhnliche Cylinderepithelien (Fig. 6), welche nur dadurch eine oft recht eigenthümliche Form erhalten, dass sie die Schleimzellen auch an ihrer unteren Circumferenz umgeben und somit vom Bindegewebe der Haut mehr weniger vollständig trennen. Zu diesem Zwecke ist ihre der Lederhaut aufsitzende Basis erheblich grösser, als die mit den Elementen der oberen Schicht sich verbindende, äusserst unregelmässig gestaltete Spitze, und diejenige Seite, welche einer Schleimzelle sich zuwendet, bildet einen Theil einer Hohlkugel, welcher durch gleichgestaltete Seitenflächen andrer Elemente derselben Schicht wie durch die Einbuchtungen an der Unterfläche der cuticulartragenden Zellen sich zur vollständigen Hohlkugel ergänzt, in der dann die Schleimzelle Platz findet. Mit Ausnahme der Basis sind alle Flächen der besprochenen Epithelien mit denselben feinen Stacheln besetzt, die wir oben an den Zellen der oberen Schicht gefunden hatten; die Basis aber ist vollkommen scharf contourirt und nicht ganz eben, sondern vielmehr in unregelmässiger Weise mit ganz seichten Hervorragungen versehen, welche die Stelle der ausgesprochenen Zähnelung, die sich beim erwachsenen Thiere hier vorfindet, mir äusserst unvollkommen ersetzt. Denn während die unterste Zelllage beim alten Thier sehr fest mit der Lederhaut in Verbindung steht, lässt sich unsere Zelllage bei der Larve ausserordentlich leicht von jener trennen. Zwischen diesen beiden Schichten des Epithels kommen, wie bekannt, Pigmentzellen in geringer Menge vor. —

Die besprochene Structur des Hautepithels bleibt während des ganzen Larvenlebens unverändert. Junge Thiere, welche ich im November und December vollkommen lebensfähig aus den Eileitern frisch getödteter Thiere befreite, zeigten dieselbe ebenso wie Genos-

sen von ihnen, die noch im Februar ohne sich zur Metamorphose anzuschicken die doppelte Grösse erreicht hatten. Leider starb mein ganzer Vorrath Ende Februar aus und machte mir so die Beobachtung der Metamorphose selbst einstweilen unmöglich. Trotzdem steht jedenfalls fest, dass die Schleimzellen zu keiner Zeit der Larvenperiode die Oberfläche erreichen, und somit niemals ihren Inhalt entleeren, nie in secernirende Function treten können. Ich habe deshalb absichtlich den indifferenten Namen der Schleimzellen beibehalten, ohne damit irgendwie gegen die Ansicht mich aussprechen zu wollen, es seien unsere Zellen junge Becherzellen und würden später zu solchen.

Leydig hat nur die Existenz derselben erwähnt und ihnen denselben Namen gegeben, den er allen sog. Becherzellen beilegt. F. E. Schulze [1]) aber erwähnt, dass bei Tritonenlarven ähnliche Zellen vorkommen, die er als junge Becher anspricht und von denen er jene Elemente ableitet, welche beim erwachsenen Triton in der dritten Schicht (von oben an gezählt) des Epithels der Haut vorkommen. Die gleichen Elemente mit der gleichen Anordnung, wie sie der genannte Autor beim Frosch und Triton beschreibt [2]), kommen auch dem Landsalamander zu, und es ist darum die Idee eines Zusammenhanges zwischen ihnen und den beschriebenen Schleimzellen keineswegs von der Hand zu weisen. Immerhin aber schien es mir eben durch das Interesse, mit dem Function und Vorkommen der Becherzellen discutirt werden, gerechtfertigt die Eigenthümlichkeiten unserer Zellen hervorzuheben.

Nach kurzem Aufenthalt des eben getödteten Thieres in Wasser schwellen dieselben in der That an und bahnen sich zwischen den Zellen der ersten Schicht einen Ausweg. Sie bekommen dann eine vollkommene Becherform und werden den Bechern ähnlich die in der Mundschleimhaut des Thiers stets sich vorfinden.

Oben hatte ich bereits erwähnt, dass die Cuticularbekleidung unserer Larven nur eine Art von Unterbrechung erleide: nämlich über den s. g. Seitenorganen. Die Gestalt der Unterbrechung ist hier meist die einer länglichen Spalte [3]), nur in der Minderzahl der Fälle die eines Kreises; aber dadurch dass von den Rändern der

1) Dieses Archiv III, 168.

2) Ebenda III, 167.

3) Leydig Ueber Organe des sechsten Sinnes. Fig. 12.

Spalte aus die Oeffnung nach oben zu sich trichterartig erweitert, entsteht eine oberflächliche mehr zugerundete Oeffnung, die durch die eigene Anordnung des Pigmentes mehr in die Augen fällt als die tiefere feine Längsspalte (Fig. 7). Von den Rändern dieser Oeffnung erhebt sich eine schwer sichtbare vollkommen homogene Röhre, welche mit der von F. E. Schulze bei anderen Amphibienlarven beobachteten so vollkommen übereinstimmt, dass ich mich einer Abbildung enthalten konnte. Das Organ, zu dem die Oeffnung führt, erscheint leicht als ein Haufen von Rundzellen und es ist mir vollkommen erklärlich, dass Leydig durch unvollkommene Methoden dazu geführt wurde, es für einen solchen zu halten und dies sogar gegenüber F. E. Schulze's sehr bestimmt formulirten Angaben. Bei geeigneten Cautelen der Methode jedoch, namentlich der Anwendung $^1/_2$ procentiger Osmiumsäure oder besser nach der Untersuchung des vollkommen frischen Organes in der dünnen Osmiumlösung erkennt man leicht, dass dasselbe vollkommen solide ist und eine Gruppe von Zellen darstellt, welche die Gestalt eines abgestutzten Kegels hat. Seine Basis sitzt der Lederhaut auf, seine abgestutzte Spitze schiebt sich in die Oeffnung im Cuticularsaum ein und seine Seiten werden von Epithelien umgeben, die in keiner Hinsicht von den oben geschilderten abweichen (Fig. 8 a). Der Zellenkegel selbst aber besteht aus zwei eigenthümlich angeordneten und gestalteten Arten von Zellen. Die untere Reihe (in Fig. 8 b) der Kerne nämlich gehört Elementen an, welche mit breiter Basis auf der Lederhaut sitzen, unmittelbar über derselben einen Zellkörper von ziemlicher Mächtigkeit entwickeln, und dann nach oben hin einen bandartig verdünnten Fortsatz absenden, welcher bis zur abgestutzten Spitze des Kegels reicht und natürlich entsprechend der Grössendifferenz zwischen der oberen und unteren Grundfläche desselben auch in der Breite abnehmen muss. Oben hört dieser Fortsatz mit leicht und deutlich gezähneltem Rande auf (Fig. 9 und 10). Diese Zellen legen sich einander ziemlich fest an, und man kann so leicht Theile des ganzen Kegelmantels isoliren (Fig. 9).

Man sieht die Elemente in solchen Stücken stets von ihrer breiten Seite, während die isolirten Zellen (Fig. 10) auf der Kante stehend deutlich die Dickenabnahme des nach oben gehenden Fortsatzes erkennen lassen.

Der Inhalt dieser Elemente ist ein ganz heller; er enthält nur in der unmittelbaren Umgebung des Kernes, namentlich basal von

demselben, einige gröbere Körnchen, ist aber bisweilen mit Pigment versehen. Die Pigmentirung kann eine wechselnde sein: sie bietet oft nur das Bild einer leichten Bestäubung, wie in Fig. 9, während sie in andern Fällen die Höhe der Pigmentirung der Cuticularzellen erreichen kann (Fig. 10). Durch die eigenthümliche Gestalt und Anordnung dieser Elemente bleibt in dem Kegel, den das ganze Seitenorgan bildet, ein zweiter in jeder Dimension kleinerer Kegel frei, welcher von der anderen Zellart ausgefüllt wird. Die Zellen (Fig 8 c) dieses Kegels sind im Ganzen birnförmig gestaltet. Der Körper der Birne wird von dem grossen Kerne eingenommen, und schliesst sich unmittelbar an den Körper der stützenden Epithelzellen an. Der Kern zeigt oft überraschend deutlich die Eimer'sche Körnchenkugel (Fig. 12, 11); neben ihm lagern im hellen Zellinhalt einige gröbere Granula. Complicirter ist der Bau des peripheren oder oberen Theiles dieser Elemente. Derselbe verschmälert sich nach oben zu und geht continuirlich über in ein glänzendes, feines und ziemlich langes Haar, das, wie mir schien, mit gezähnelter Basis aufsitzt. Doch liegt die Grösse dieser Zähnchen so sehr im Grenzgebiete unserer Immersionssysteme, dass ich die Zähnelung nicht mit positiver Sicherheit behaupten kann. Leider gehört eben dahin auch eine eigenthümliche Zeichnung des peripheren Theiles unserer Zellen, welche ich in den Fig. 11, 12, 13 wieder gegeben habe und welche mir aus einer grösseren Anzahl kleiner, in Reihen angeordneter Wärzchen oder Protuberanzen hervorzugehen scheint. Es können indess auch unterbrochene Linien oder vielmehr Körnchenreihen im Inneren der Zelle sein, welche dies Aussehen hervorrufen. Endlich ist zu erwähnen, dass dieser periphere Theil eine stärkere Verwandtschaft zur Osmiumsäure besitzt, welche zwar nicht so energisch ist wie die von F. E. Schulze bei Fischen beobachtete [1]), aber doch genügt, den Elementen schon nach kürzerem Aufenthalt in dünnen Lösungen des genannten Reagens eine deutlich gelbliche Färbung zu ertheilen. Von dem birnförmigen Körper dieser durch die Haare als Sinneszellen charakterisirten Epithelien sieht man gelegentlich einen Fortsatz nach abwärts ziehen, dessen Verbindung mit einem Nervenästchen zwar nach Analogie der Schulze'schen Beobachtungen sehr wahrscheinlich ist, aber leider nicht constatirt werden konnte. Die Sinneshaare selbst treten in der

1) Dieses Archiv VI, pag. 72.

Oeffnung des Cuticularsaumes frei zu Tage und sind von oben her als glänzende Punkte leicht zu sehen; sie sind (Fig. 7) meist in einer einfachen oder doppelten Längsreihe, seltener im Kreise angeordnet.

Die Literatur über die Seitenorgane der Amphibien ist zur Zeit noch leicht zu übersehen. Leydig ist es bekanntlich gewesen, der in den Seitencanälen der Fische, die bis dahin als Drüsen galten, ein neues Sinnesorgan kennen lehrte. F. E. Schulze hat dann die analogen Organe bei den Amphibienlarven entdeckt und in seiner ersten Abhandlung [1]) einige Angaben über den Bau dieser Organe gemacht, welche Leydig dann in seiner grösseren Arbeit: „Ueber Organe eines sechsten Sinnes“ [2]) zum grossen Theil bestritt. Zwei von den Angriffspunkten Leydig's, nämlich die Bedeutung der bindegewebigen sehr geringen Erhebung der Lederhaut und die blasenförmigen Hohlräume welche die ganzen Organe umgeben sollten, hat Schulze selbst aufgeklärt [3]).

Die übrigen Differenzpunkte sind indess noch ziemlich erheblich. Schulze hat die Gallertröhre, welche den Organen aussen aufsitzt, und die Sinneshaare, deren Spitzen ebenfalls frei hervorragen und deren Haare namentlich bei der Ansicht von oben deutlich sind, bereits in seiner ersten Abhandlung beschrieben. Dem gegenüber lässt Leydig aus dem Inneren des Organes einen langen Faden hervorkommen, welcher weit in das umgebende Medium hineinreicht und bestreitet sowohl die Gallertröhre als die Sinneshaare; er sieht im Grunde des einen bedeutenden Hohlraum enthaltenden Organes, „eigentlich Becher“, einen Haufen von Rundzellen, in denen der erwähnte Faden wurzelt. In seiner neuesten Mittheilung [4]) hält Schulze seine Angaben über Sinneshaare und Gallertröhre aufrecht.

Ueber die genauere Structur des Organes scheint er keine eingehendere Untersuchung gemacht zu haben, bemerkt aber, er halte den Hügel eben so gebaut wie den der jungen Fische“, nämlich aus äusseren, platten Epithelien und centralen haartragenden Sinneszellen zusammengesetzt. Die Resultate meiner Untersuchung entsprechen nun vollkommen dieser Erwartung von F. E. Schulze. Während ich einerseits seine Angaben über die Existenz der homogenen äusseren Röhre und der Sinneshaare einfach bestätigen

1) Müller's Archiv 1861, pag. 759. 2) l. c.
3) Dieses Archiv V, 313 und VI, 80. 4) Dieses Archiv VI, 78.

konnte, stimmen andererseits die feineren Verhältnisse der Zellen des Hügels vollkommen mit dem überein, was er in derselben Arbeit über die Seitenorgane junger Fische und des erwachsenen Kaulbarsches angiebt. Als Differenzen wären höchstens die minder energische Vorliebe der Sinneszellen für die Osmiumsäure, die Eigenthümlichkeit der Structur ihres peripheren Abschnittes, sowie die allmählige Verschmälerung gegen das Haar hervorzuheben. In einem Punkte aber bin ich nicht so weit gekommen, wie F. E. Schulze beim Kaulbarsch: nämlich im Nachweis des Nervenzusammenhanges.

Die differenten Angaben Leydig's erklären sich aber zum Theil aus den von ihm angewandten Methoden: denn es kann leicht sich ereignen, dass die peripheren hinfälligen Theile der Sinneszellen zerstört werden und dann vom ganzen Organ wesentlich die resistenteren Kerne mit ihrer nächsten Umgebung als Rundzellen in die Augen fallen.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXXI.

Alle Präparate frisch in $\frac{1}{10}$ procentiger Osmiumsäure.

Fig. 1. Schaltzellen in der oberen Epidermislage von oben gesehen 450 : 1.
Fig. 2. Dieselben von der Seite, 1000 : 1.
Fig. 3. Vertheilung der Schleimzellen in der tiefern Epidermislage 300 : 1.
Fig. 4. Membranfetzen einer Schleimzelle 1000 : 1.
Fig. 5. Isolirte Schleimzelle, genaue Einstellung auf die Mitte der Zelle. Man sieht den Kern, Inhalt und optischen Durchschnitt der Membran 1000 : 1.
Fig. 6. Eine andere Epithelzelle der tieferen Schicht.
Fig. 7. Seitenorgan von oben gesehen. Man erkennt das Aufhören des Pigmentes, die Böschung des Cuticularsaumes und die feine Längsspalte mit den optischen Durchschnitten der Sinneshaare 1000 : 1.
Fig. 8. Ein ganzes Seitenorgan isolirt, 450 : 1, a. deckende, gewöhnliche Epithelzellen, b. untere Zellenreihe, gebildet von den blossen Cylinderepithelien, c. obere Zellenreihe, Sinneszellen mit Haaren.
Fig. 9. Eine Gruppe von deckenden Cylinderepithelien des Seitenorganes, leicht pigmentirt 550 : 1.
Fig. 10. Dasselbe; bei a. eine Zelle in der Seitenlage, stärker pigmentirt.
Fig. 11. Isolirte Sinneszelle 1000 : 1 mit Eimer'scher Körnchenkugel.
Fig. 12 u. 13. Sinneszelle in Anlagerung an deckende Cylinderzellen 1100 : 1.

Ueber die äusseren Bedeckungen der Reptilien und Amphibien.

Neue Beiträge
von
Dr. Franz Leydig
in Tübingen.

Erster Artikel:

Die Haut einheimischer Ophidier.

Hierzu Tafel XXXII.

Das in gegenwärtigen Blättern Enthaltene hat sich aus Untersuchungen ergeben, welche ich anstellte, um die Arten der in Deutschland lebenden Schlangen genauer kennen zu lernen. Hierbei kam bald zum Vorschein, dass die feinere Beschaffenheit der Haut, besonders der nach aussen gekehrten Fläche, für die Bestimmung der Species werthvolle Hilfsmittel an die Hand reicht, welche meines Wissens bis jetzt noch nicht benutzt worden sind; trotzdem, dass die Systematiker seit Linné gerade von den äusseren Bedeckungen wichtige Merkmale zur Abgrenzung der Gattungen und Arten hernehmen. Schon der sorgfältige Oppel[1]) hat, als er die Materialien zu seinem systematischen Werk über die Reptilien sammelte und sehr viele Schlangenarten prüfend durch die Hände gehen liess, hervorgehoben, dass die Schuppen „bis aufs kleinste Eckchen" beständige Formverschiedenheiten in den einzelnen Arten, mögen die Individuen jung oder ganz ausgewachsen sein, zeigen. Man wird durch das Folgende sehen, dass die Speciesverschiedenheit sich noch in feineren Verhältnissen der Schuppen bleibend ausprägt. Aber

1) Die Ordnungen, Familien und Gattungen der Reptilien. München 1811.

auch im übrigen Bau der äusseren Bedeckungen bot sich gar manches Bemerkenswerthe dar, dessen Veröffentlichung jene Zoologen, welchen es um eine mehr allseitige Kenntniss eines Thieres zu thun ist, vielleicht willkommen heissen.

Ich behandle die einzelnen Lagen der Haut in der Reihe, wie sie von aussen nach innen auf einander folgen, mit gelegentlichem Abbiegen auf einschlägige morphologische und physiologische Fragen; dann soll ein geschichtlicher Abriss den Stand der Kenntnisse und der Arbeiten der Vorgänger übersichtlich beleuchten; endlich zum Schluss und wie anhangsweise gebe ich Mittheilungen über das „Horn" der Sandviper.

I. Cuticula.

1. Streifige Sculptur und ihre Abänderung.

Ein homogenes Oberhäutchen, Abscheidungsproduct oder verdickte Zellenmembran der äussersten Epidermislage, ist bei allen unseren Schlangenarten leicht und sicher nachzuweisen, wie ich denn diese Cuticularschicht bereits von der Haut der glatten Natter, Coronella laevis, sowie von Trigonocephalus puniceus aus den Kopfgruben besprochen und dargestellt habe [1]).

Schon die Thatsache vom Vorhandensein einer homogenen Haut, welche die Grenze des Körpers nach aussen zieht, verdient Beachtung, da den früheren Untersuchungen zu Folge zwar die Wirbellosen sich sehr allgemein und oftmals von mächtig entwickelten Cuticularschichten umrissen zeigen, bei den Wirbelthieren aber, mit geringer Ausnahme, die Zellen der Epidermis allein die Grenze des Körpers zu bilden schienen.

Dann aber erregt unser weiteres Interesse die Beschaffenheit der freien Fläche der Cuticula, indem sie keineswegs wie Andere sagen „spiegelglatt" ist, im Gegentheil eine Sculptur erkennen lässt, welche bei sämmtlichen einheimischen Arten ein eigenartiges Gepräge darbietet und es kann daher die Kenntniss dieser Reliefformen zur Abgrenzung der Species wesentlich mitbenützt werden. Im Allgemeinen besteht die Sculptur aus einem feinen Leistenwerk mit Haupt- und Nebenzügen; im Einzelnen aber treten typische

1) Nov. act. acad. Leop. Carol. Tom. XXXIV, z. B. p. 93. Taf. IV, Fig. 32.

Verschiedenheiten auf. Einmal mit dem Gegenstand vertraut, fühlt man sich im Stande ein einzelnes unter dem Mikroskop aufgestelltes Stück Cuticula von den Rückenschuppen des Tropidonotus natrix und Tr. tessellatus, von Coluber flavescens und C. viridiflavus, von Coluber laevis, von Vipera berus und Vipera ammodytes mit Sicherheit und vergleichungsweise zu unterscheiden.

Ich lege von allen eben namhaft gemachten Arten möglichst genaue Abbildungen vor und ein Blick auf dieselben wird genügen, um uns aufzufordern, von jetzt an auch bei anderen „Arten" der Schlangen die Beschaffenheit der Sculptur der Cuticula mit in Prüfung und Erwägung zu ziehen.

Zur Erläuterung der Figuren sei übrigens noch folgendes bemerkt:

Bei Tropidonotus natrix[1]) sind die Längsleisten scharf und verlaufen im Allgemeinen der Bezeichnung entsprechend, aber nicht ununterbrochen von einem Ende der Schuppe zum andern, auch nicht streng parallel: sie sind vielmehr unterbrochen, verjüngen sich, theilen sich. Ihr Seitenrand ist gezackt und die Zackenlinien verbinden sich zu bogigen Querzügen, die wieder fein zackig werden; letzteres namentlich gegen den freien Schuppenrand zu. — Im Uebrigen sind die Rückenschuppen verhältnissmässig schmal, länglich und mit einer mittleren Längserhabenheit oder Kiel versehen; dieser ist von gleicher Farbe wie die übrige Schuppe.

Bei Tropidonotus tessellatus[2]) erscheint die ganze Sculptur vor Allem um vieles härter und erhabenliniger, so dass die bei Tropidonotus natrix kaum angedeutete Verbindung der Hauptleisten hier sehr markirt wird, ebenso die Verbindung der Nebenleisten: die ganze Sculptur erhält ein entschieden gitteriges Aussehen von scharfer Begrenzung. — Sonst sind die Rückenschuppen schmäler und noch länglicher als bei vorhergehender Art; die mittlere Erhabenheit oder der Kiel ist nicht nur vorhanden, sondern auch schärfer als bei Tr. natrix, und erstreckt sich am Schwanz nach hinten weiter als bei der vorhergehenden Art; auch die letzte Reihe der Seitenschuppen kann noch Spuren haben. Der Kiel hebt sich durch bräunlich gelbe Farbe von dem Grau der Schuppen ab.

Während Tr. natrix und Tr. tessellatus bei aller Verschiedenheit

1) Fig. 9, Fig. 18.

2) Fig. 10, Fig. 19.

der Sculptur doch sich verwandter zeigen, entfernt sich hierin Coluber flavescens[1]) von beiden Arten in auffälligster Weise. Die Hauptleisten stehen äusserst dicht, so dass die Schuppe fein längsstreifig sich ausnimmt; dabei sind die Streifen scharf gehalten, wenn auch nicht in dem Grade wie bei Tropidonotus tessellatus. Zwischen ihnen sind feine und dichte Querlinien zugegen: das Bild erinnert ungefähr an die Zeichnung, welche quergestreifte Muskelsubstanz darbietet. — Form der Rückenschuppe breitlich; allgemein gewölbt, aber ohne Kiel.

Leider ein anderes Bild gewährt Coluber viridiflavus[2]). Die Wängsstreifen stehen weit auseinander, sind an sich breit und etwas blass, ihr Rand feinfransig. Auch die Flächen zwischen den Leisten sind durch dichte schräge Strichelchen ausgezeichnet. — Form der Rückenschuppen länglich, glatt, ohne Mulde und Erhöhung. Die schwarze Form des Coluber viridiflavus, bekannt unter dem Namen C. carbonarius[3]), beurkundet auch in der Sculptur der Rückenschuppen ihre nächste Verwandtschaft zu C. viridiflavus, ohne jedoch völlig mit letzterem übereinzustimmen. Die Längsleisten stehen etwas dichter, sind noch blasser, und da auch die von den Längsleisten abgehenden kurzen Seitenfransen sehr blass sind, so verschwinden jene in den Zwischenräumen befindlichen bei flüchtigerem Ansehen fast völlig. — Form der Rückenschuppen sonst länglich mit mittlerer flacher Eintiefung[4]), im Gegensatz zu einem Kiel. Dabei sind sie schmäler als bei viridiflavus und flavescens und haben selbst im Epidermisüberzug mehr dunkles Pigment als alle anderen Arten. Der freie Saum (Hornschuppen) kürzer als bei den übrigen.

Bei Coronella laevis[5]) erscheinen die Hauptleisten sehr blass und zart, stehen weit auseinander, gabeln sich übrigens da und dort; zwischen ihnen erscheint eine feine Längsstrichelung; die einzelnen Strichelchen sind kurz und so zart, dass nur derjenige sie wahrnehmen wird, dessen Auge die Sculpturen der anderen Art zur

1) Fig. 13, Fig. 22.

2) Fig. 20, Fig. 11.

3) Fig. 12, Fig. 21.

4) Ich bin nicht ganz sicher darüber, ob die obige muldenförmige Eintiefung, die ich auch bei C. laevis beobachtet habe, nicht blose Leichenerscheinung ist.

5) Fig. 14, Fig. 23.

Vergleichung heranzieht. Der Name laevis passt für unsere Natter gut, auch in Anbetracht der so wenig hervortretenden Reliefbildung der Schuppen. — Form der Rückenschuppen breit, kurz, glatt.

Recht eigenartig gestaltet sich die Sculptur bei Vipera berus[1]). Die Leistchen verbinden sich hier so dicht netzförmig, dass man auch sagen könnte, die Oberfläche der Schuppe sei in dichtester Weise mit länglichen Ausschürfungen überzogen, zwischen denen Raine oder Leisten bleiben. Dabei ist die ganze Bildung von zartem Wesen. Die schwarze Abart, Vipera prester, bietet die gleiche Sculptur dar. — Sonst sind die Rückenschuppen länglich, gekielt, der hintere freie Rand steht weiter hervor als bei den giftlosen, wovon das bekannte mehr ruppige Aussehen des ganzen Thieres rührt. Bei V. prester liegt sehr viel Pigment in der Hornschuppe, ähnlich wie bei C. carbonarius.

Die beiden anderen von mir untersuchten europäischen Vipern, Vipera aspis[2]) und Vipera ammodytes[3]), zeigen eine unter sich verwandte, aber bedeutend von jener der Vipera berus abweichende Sculptur, was die Ansicht jener Zoologen unterstützen könnte, welche die deutsche Viper als besondere Gattung, Pelias, von den südlichen Arten Vipera aspis und Vipera ammodytes abgrenzen wollen. Bekanntlich stehen sich auch in der Schnauzenbildung und der Beschuppung des Kopfes Vipera aspis und Vipera ammodytes einander näher als der Vipera berus. Auf den Rückenschuppen der Vipera aspis treten wieder die Hauptleisten, meist schwach bogig verlaufend, scharf hervor; von ihnen weg gehen Zacken ab, zum Theil zu Nebenleisten sich ausziehend, welche sich dann so verbinden, dass in den Räumen zwischen den Leisten eine zellige Zeichnung zu Stande kommt[4]). Noch schärfer und ausgeprägter sind diese Verhältnisse bei Vipera ammodytes, insbesondere tritt eine streckenweise Verdickung der Längsleisten sehr deutlich hervor, während sie beiderends sich zuspitzen; dazwischen verbreitet sich ein scharf gezogenes, übrigens ziemlich unregelmässiges Maschennetz. Ganz besonders harte Linien nimmt die Sculptur am Schwanzstachel an. Auch bei den beiden besagten Arten von

1) Fig. 15, Fig. 24.
2) Fig. 16, Fig. 25.
3) Fig. 17, Fig. 26.
4) Fig. 25.

Vipera stehen die Schuppen mehr von der Haut ab, als bei den ungiftigen Arten und verleihen dadurch dem Thier ein rauheres, ruppiges Aussehen.

Zu der Sculptur der Schuppen im Allgemeinen ist auch der Kiel zu rechnen, der den eigentlichen Rückenschuppen zukommt und sich an jenen Schuppen der Seiten verliert, welche allmählich den Bauchschuppen sich nähern. Auch am Rücken des Schwanzes geht er ein, wenn die dortigen Schuppen ihren Charakter ändern. Da der Kiel schon für's freie Auge, besser für die Lupe wahrnehmbar ist, und seine Bedeutung für die systematischen Aufstellungen längst erkannt wurde, so geschieht seiner auch allerorts Erwähnung. Er fehlt bei Coronella laevis und Coluber viridiflavus, erscheint an den Schuppen der Coluber flavescens blos auf der hinteren Körperhälfte und auch dort nur schwach. Er findet sich hingegen bei Tropidonotus natrix und schärfer noch bei Tr. tessellatus; sehr markirt ist er bei den Vipern und hier bei V. aspis mehr als bei V. berus, ebenso ist er bei V. ammodytes hoch und schmal.

Den Kiel möchte man, der ersten Besichtigung nach, als den ersten unter seines Gleichen, d. h. unter den beschriebenen Längsleisten ansprechen. Doch steht dieser Auffassung im Wege, dass wie der Querschnitt [1]) durch die Haut lehrt, derselbe schon im Corium vorgebildet ist; dann auch, dass bei Vipera berus die vorhin erwähnte Sculptur sich über den Kiel erstreckt, während er mir allerdings bei den obigen giftlosen Schlangen glatt zu sein schien.

Selbst die Kopfschilder, deren Oberfläche doch so blank für's freie Auge sich ausnimmt, zeigen unter dem Mikroskop eine Sculptur, welche man im Allgemeinen eine gitterige oder kleinschuppige nennen könnte, wobei die Einzelschuppen wieder so geordnet sind, dass Systeme von Längsstreifen unterschieden werden können. Diese Reliefbildungen treten, wie man erwarten darf, an jenen Arten am merklichsten hervor, deren Rückenschuppen sich auch durch schärfere Sculpturlinien auszeichnen, so z. B. an Tropidonotus tessellatus; doch lässt sie sich auch bei den anderen obigen Thieren, selbst bei Coronella laevis, nicht übersehen.

Endlich haben die Bauchschienen nicht minder ihre Sculpturlinien, und zwar sehr feine, nur bei starker Vergrösserung sichtbare Längsleisten, welche so nahe stehen, dass die Oberfläche dicht

1) Vergl. Fig. 3.

längsstreifig aussieht. Fasst man die Leisten noch genauer in's Auge, so zeigt sich, dass da und dort schräge Verbindungen zugegen sind, somit das Ganze doch unter das Bild von langgezogenen, zusammengeschobenen Netzen gebracht werden kann und darnach als Abänderung der Relieflinien der Rückenfläche zu gelten hat. Gegen den Rand der Schienen setzt sich dies System von Längslinien (oder Maschen) in die zellige oder schuppige Sculptur um, wie sie auf gewissen Körperstellen der Arthropoden, Daphniden z. B., so gewöhnlich ist. — Das Vorbemerkte bezieht sich auf Tropidonotus natrix und Tr. tessellatus, sowie auf Vipera ammodytes, welche Arten allein ich bisher bezüglich der Sculptur der Bauchschienen untersucht habe.

Aus den obigen Darlegungen ergiebt sich, dass die freie Fläche aller Schilder, Schuppen und Schienen des Körpers unserer Schlangen durch die Cuticula ein Leistenwerk entwickelt, dessen Hauptlinien sämmtlich nach der Länge des Körpers ziehen, dabei sich aber durch Seitenleisten so verbinden können, dass eine längsmaschige oder zellige Zeichnung in verschiedenem Ausdrucke zu Stande kommt; da und dort treten innerhalb derselben noch feinere Leistchen auf, oder der Rand der Maschen wird zackig; am frei vorspringenden Rand der Schuppen und Schienen erheben sich gerne an ein Ziegeldach erinnernde Erhöhungen. Wenn vorhin gesagt wurde, die Hauptlinien hielten die Längsrichtung ein, so bedarf es doch noch des Zusatzes, dass dieses zum Theil in Bogenlinien geschieht, welche auf gewisse Mittelpunkte hinweisen.

Für den, welcher zum erstenmal das hier Besprochene nachuntersucht, und sich nicht gleich zurechtfinden sollte, mag bemerkt sein, dass die Sculpturlinien, auch die allerfeinsten und desshalb schwerer wahrnehmbaren, sehr scharf und bestimmt auftreten an jenen Präparaten, über welche sich eine Luftschicht oder plattgedrückte Luftblase ausbreitet.

Es ist bekanntlich etwas Gesetzliches, dass die vor der Retina des Auges liegenden Theile, um das einfallende Licht nicht zu behindern, möglichst hell und durchsichtig sind. Und so finde ich denn auch bezüglich der das Auge überziehenden Cuticula, dass die Sculpturlinien selbst bei solchen Arten, wo sie auf der übrigen Haut einen sehr scharfen Charakter tragen, bei Vipera ammodytes z. B., zu einer äusserst feinen Längslinirung sich abdämpfen. Am Rande der halbkugeligen Augenkapsel beginnt und zwar ebenfalls in

sachtesten Anfängen die zweite gleich nachher zu berührende höckerige Sculptur. Auch bei Tropidonotus tessellatus gehen die sonst so harten Streifen in sehr blasse gezogenzellige und kreisförmig verlaufende Linien über. Am pigmentirten Rande hebt die höckerige Sculptur an.

2. Gewisse Farben abhängig von den streifigen Sculpturen.

Ueber die Haut der einheimischen Schlangenarten spielt ein eigenthümlicher Schiller hin, der bei guter Beleuchtung an bestimmten Körperstellen mehr oder weniger auffällt: bei Coronella laevis z. B. ist es eine schöne, bläulich irisirende Färbung. Es unterliegt keinem Zweifel, dass dieses Farbenspiel als Interferenzerscheinung durch das System der feineren Cuticularleisten bewirkt wird. G. v. Martens in seinem Berichte über die Menagerien in Stuttgart [1]) erzählt, wie ihm eines Tags klar geworden sei, warum die ächte Boa constrictor aus Brasilien den Namen „Brillantschlange" führe. Zufällig nämlich von der Sonne beschienen, schillerten Rücken und Seiten mit lebhaftem metallischen Glanz in allen Farben des Regenbogens, wie der Hals einer dunkeln Taube oder ein schöner Labradorstein. Diese Mittheilungen des genannten Naturforschers dürfen uns wohl neugierig machen, welche Reliefbildungen die Cuticula der Boa constrictor besitzt. — Noch mag an die Anneliden als an ein hieher gehöriges Beispiel erinnert werden, wo ebenfalls ein lebhaftes Irisiren durch eine ähnliche Sculptur des Oberhäutchens hervorgerufen wird.

3. Höckerige Sculptur.

Es ist ein weiterer sehr beachtenswerther Punkt, dass die Cuticula, welche die Hautflächen zwischen den sich erhebenden Schildern, Schuppen und Schienen überzieht, also jene Stellen, welche für gewöhnlich die bedeckten sind, bei keiner Art die im Vorhergehenden besprochene, kurz ausgedrückt streifige Sculptur besitzt, sondern eine davon verschiedene, eine rundlich höckerige [2]). Man hat es mit der gleichen Höckerbildung zu thun, welche ich gelegentlich der

1) Württembergische naturwiss. Jahreshefte, 1851, S. 90.

2) Fig. 4, vergl. auch Fig. 3 und Fig. 5.

Kopfgruben der Giftschlangen und vom Wassermolch an einem anderen Orte [1]) bereits erwähnt habe.

Ihre Entstehung ist hier wie dort leicht zu verfolgen. Der Cuticularhöcker erweist sich als Abscheidungsproduct einer darunter liegenden Warze der Epidermis, welche aus einer bis vier Zellen bestehen kann, wie ich das besonders an Vipera berus näher in's Auge gefasst habe. In der Form und Grösse der Höcker kommen vielleicht auch an gewissen Körperstellen Unterschiede nach den Species vor. Bezüglich der Vipera ammodytes habe ich mir wenigstens ausdrücklich angemerkt, dass hier die Höcker grösser seien als bei Tropidonotus natrix.

4. Entwicklung der streifigen Sculptur.

Wenn wir auf das Zustandekommen der anderen Sculpturlinien achten, so ist es auch hier die einzelne Epidermiszelle, an welcher die Zacken und Leisten vorgebildet erscheinen. So habe ich namentlich bei einem Exemplar von Tropidonotus tessellatus, welches längere Zeit in sehr schwachem Weingeist aufbewahrt gewesen und dadurch einigermaassen im Zerfall begriffen war, beobachten können, dass an den Bauchschienen die obersten Epidermiszellen sich in feine Leisten erheben, welche in der Seitenansicht wie Borsten oder starre Cilien sich ausnehmen und so als Grundlage für die abzuscheidenden cuticularen Leisten dienen.

5. Sculptur unserer Saurier.

Der Cuticula der Blindschleiche, Anguis fragilis, und ihrer Sculptur habe ich in Näherem schon früher [2]) gedacht. Auch bei diesem Thiere besteht sie aus feinen, dichten Längslinien mit Querleistchen, so dass nach den verschiedenen Köpergegenden eine bald mehr wellige, bald dachziegelige oder querschuppige Zeichnung zu Stande kommt.

Bezüglich der Haut unserer Eidechsen habe ich in meiner Schrift über die deutschen Arten die Cuticula ebenfalls erwähnt und ihrer welligen Sculptur gedacht. Wenn dort gesagt wird, die Linien wiederholten die Contouren der darunter liegenden Zellen, so passt dies nur, ähnlich wie bei den Schlangen, auf gewisse, namentlich die

1) Organe eines sechsten Sinnes. Nov. act. acad. Leop. Carol. Vol. XXXIV.
2) Ebendaselbst S. 68.

Randstellen der Rückenschuppen; im Grossen und Ganzen folgen die Wellenlinien einer selbstständigen Zeichnung. An den Kopfschildern erinnert das Leistenwerk, dessen Linien äusserst gedrängt stehen, in den Hauptzügen des Verlaufes an die Wirbel der Haarstellungen bei Säugethieren. An den Rückenschuppen der Lacerta agilis ziehen die Linien der schuppig welligen Sculptur derart, dass sie den Umriss der Schuppe wiederholend, den Kiel wie umkreisen. Die Fläche der Haut zwischen den „Schuppen" zeigt eine zellig-höckerige Sculptur. Vergleiche ich damit entsprechende Schuppen von Lacerta viridis, sowie von L. muralis und L. vivipara, so kehrt im Allgemeinen immer dasselbe System von Linien wieder ohne ähnliche starke Verschiedenheiten zu zeigen, wie sie bei den Species der Schlangen auftreten. Immerhin scheint es mir — ich habe den Gegenstand nicht lange genug geprüft — als ob kleine Besonderheiten auch hier zugegen wären, insbesondere als ob die Streifensysteme bei L. viridis und L. agilis bedeutend feiner wären als bei L. muralis und L. vivipara.

An ganz jungen Thierchen der L. agilis (L. argus) lässt sich wieder wahrnehmen, wie die Oberfläche der einzelnen Epidermiszelle sich in quere Leistchen erhebt, die alsdann von Zelle zu Zelle aufeinander treffend, die Cuticula abscheiden und die späteren Wellenlinien erzeugen.

6. Bedeutung der Sculptur für die Systematik.

Alle diese Befunde über die Ausbildung und typische Mannigfaltigkeit der Sculptur auf der äusseren Haut der Schlangen können ein allgemeineres Interesse desshalb beanspruchen, weil es doch eine sehr merkwürdige Sache ist, wie in den Reliefformen der Cuticularbildungen specifische Unterschiede da und dort sich kundgeben, wo oftmals die „Species" nach den übrigen Merkmalen weniger scharf ausgeprägt ist. In der Entomologie weiss man bekanntlich seit Langem, wie wichtig die Sculpturen des Hautpanzers für die Aufstellung der Arten sind; die Erfahrung zeigt dort, dass oftmals fast nur die Aussenfläche des Körpers in der Form und Bildung der Leisten, Höcker, Grübchen und dergleichen den Stempel der Besonderheit an sich trägt. Es liesse sich weiter erinnern an die Zahnbildungen auf der Schneckenzunge, ferner an die Cuticula der Begattungsorgane der Eidechsen.

Nicht anders ist es mit dem Oberhäutchen der Schlangen und

wohl auch noch von manchen anderen Gruppen der Reptilien. Während aber bei den Arthropoden die Reliefbildungen der Cuticula, wohl im Einklang mit der Stärke der letzteren, häufig so derber Natur sind, dass zur Betrachtung, wenigstens der gröberen Verhältnisse, eine gute Lupe hinreicht, so sind die Sculpturen der Schlangen derartig zart, dass eine starke Vergrösserung durchaus erfordert wird. Und dies mag wohl der Grund sein, warum der systematische Zoologe bisher die ihm so bedeutsamen Bildungen ausser Acht gelassen hat.

7. Einfluss der Cuticula auf die Häutung.

Das Vorhandensein einer homogenen die Epidermis überziehenden, und man könnte sagen, zusammenhaltenden Lage liefert vielleicht auch den Grund, warum die Häutung der Reptilien und Amphibien in ähnlicher Art verläuft wie bei Arthropoden, bei welchen die Cuticula der Haut eine ungleich grössere Rolle spielt.

Es ist eine bekannte Sache, dass zu gewissen Zeiten des Jahres die Haut der Frösche, Kröten und Salamander in grossen Lappen abfällt, ja wenn das Thier während dieser Abstossung der Oberhaut recht unbehelligt war, so streift es die Theile derart als ein Ganzes ab, dass es, durch einen Schlitz aus der Haut herausschlüpfend, diese wie ein abgelegtes, umgestülptes Kleidungsstück zurücklässt. An den im Zimmer gehaltenen Wassersalamandern lässt sich dies leicht beobachten. Bei den Eidechsen geschieht die Häutung wie es scheint gewöhnlich in Lappen, obschon auch hier zuerst ein grosser Schlitz sich bildet, wie bei den Wassermolchen, und vielleicht sind es nur die lebhaften unruhigen Bewegungen der Thiere, sowie das rasche Austrocknen der sich schälenden Haut, wodurch ein Abstreifen im Ganzen verhindert oder seltener wird. Häufig tritt letzteres hingegen bei Schlangen ein und selbst Thiere in der Gefangenschaft, wenn sie nur einigermaassen passend gehalten werden, streifen ein vollständiges „Natternhemd" mehrmals im Jahre ab[1]).

1) Gerade der Umstand, dass bei den Schlangen in so deutlicher Weise die Oberhaut als Ganzes abgelegt wird, mag von jeher die Aufmerksamkeit darauf gelenkt haben. Das Alterthum sah darin eine Verjüngung: „senectam exuere", welcher Ausdruck geblieben ist, und z. B. in Linné's Systema naturae da, wo die Charaktere aufgezählt werden, ebenfalls angewen-

Betrachtet man nun die abgestossene Haut der Schlangen, so kann man den Eindruck empfangen als ob, wie es an der abgestossenen Haut bei den Arthropoden in der That der Fall ist, nur die homogene Cuticula das „Natternhemd" bilde; allein die nähere Untersuchung zeigt bald, dass ähnlich wie bei den Batrachiern mehrere Zellenlagen zugleich abgeworfen wurden. Durch Behandlung mit Kalilauge erblicken wir nicht bloss die Cuticula, welche eine zellige Zeichnung an der Unterfläche, als Ausdruck ihres Entstehungsortes, an sich haben kann, sondern auch mehrere Zellenschichten der Epidermis selber, von denen die älteren kernlose Plättchen darstellen, während die jüngeren theilweise noch mit ihren Kernen versehen sind. Auch Zellen mit etwas Pigment können unter den abgestossenen sein.

II. Zellige Oberhaut, Epidermis.

1. Bau im Allgemeinen.

Es sondert sich die Oberhaut wie bei allen Wirbelthieren in eine untere oder weichere Lage und in die obere härtere. Die zelligen Elemente sind in den oberen Schichten, namentlich wenn es gegen die Häutung zugeht, bis zu einem Grade abgeplattet, erhärtet und seitlich zusammengeklebt, dass man auf dem senkrechten Schnitt homogene Lagen mit Schichtungsstreifen vor sich zu haben glaubt. Durch dunkelkörnige Pigmentzellen, welche zwischen die gewöhnlichen Elemente eingestreut sind, erscheint die Epidermis entweder nur getüpfelt (Tropidonotus natrix z. B.), oder bei grosser Menge von gleichmässig schwärzlichem Ton (Coluber viridiflavus).

Eigenthümlich ist eine Art Fettinhalt in den Zellen, auf welchen ich schon früher von Coronella laevis aufmerksam gemacht habe [1]). Da auch in der Epidermis der Blindschleiche das Gleiche wiederkehrt, und selbst unter der Cuticula der Kopfplatten von

---

det wird. In der Schrift Luigi Metaxa's: Monografia de' Serpenti di Roma e suoi contorni, Roma 1823, dessen Verfasser, wie man bemerkt, mit den Dichtern der Alten wohl vertraut ist, wird die Häutung der Schlangen im „Articolo II, Quando e come si spogliano i serpi" in anziehender Weise besprochen. — Die genauesten Beobachtungen über die Frage, wie oft Schlangen in der Gefangenschaft ihre Haut wechseln, haben Bibron und Duméril angestellt. Siehe Erpétologie général. Tom. VI, 1844 p. 109.

1) Nov. act. acad. Leop. Carol. Vol. XXXIV, p. 81, Fig. 23, Fig. 24.

Lacerta agilis eine entsprechende Lage mir begegnet ist, so handelt es sich hiebei wohl um einen den Reptilien gemeinsameren Zug in der Beschaffenheit der Epidermis. Dieser körnige oder bröckelige Inhalt der Zellen erscheint entweder mehr von der Beschattung des Fettes, oder es haben die Klümpchen ein nur mattglänzendes Aussehen. Da sie sich auch, wie ich anderwärts angezeigt, eigenthümlich gegen gewisse Reagentien verhalten, und auch noch sonst manches Besondere darbieten, so darf es als wünschenswerth bezeichnet werden, wenn sie zum Gegenstande einer eigenen Untersuchung gemacht würden.

Es will mir vorkommen, als ob diese fettige Zellenschicht sich an dem Abstossen der Haut in einer gewissen Weise betheiligt. Schon ein andermal[1]) habe ich gelegentlich erwähnt, dass eine eigenthümliche Krankheit, welche bei der Blindschleiche die Epidermis befällt, auf Wucherung dieser Schicht beruhen möge; die Thiere entledigen sich alsdann der Oberhaut schwer, gehen auch wohl ohne sich von derselben befreien zu können zu Grunde.

Dann treffe ich ferner bei den Schlangen unter der Cuticula auf besondere Körper[2]), welche ich ebenfalls mit dem Vorgang der Häutung in Beziehung zu bringen geneigt wäre. Bei Vipera ammodytes nämlich waren an bezeichnetem Orte Gebilde zugegen, welche zwar als verschieden von gewöhnlichen Epidermisplättchen, sich auswiesen, aber doch die Tracht einer Zelle besassen: sie waren rundlich, sehr verschieden gross, von weichem Wesen, und hatten annähernd die scharfrandige Beschattung einer fettigen Substanz. Bei den kleineren unterschied man eine körnige Mitte und eine helle Ringzone, an den grösseren vermehrte sich die Zahl der Ringlagen. Ich habe diese Körper nicht minder an einer frisch eingefangenen Vipera berus var. prester gesehen und auch noch bei anderen Arten bemerkt; sie machen den Eindruck von geschichtetem amyloiden Stoffe und erinnern in Berücksichtigung des Ortes ihres Vorkommens, so wie durch das Wechselnde in der Grösse, endlich durch die concentrischen Linien ihrer Substanz an die geschichteten Kalkkugeln, welche an der Unterseite der Schuppen vieler Knochenfische sich finden[3]). Trotzdem dass ihr Aussehen in frischem Zustande

1) Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.

2) Fig 27, Fig. 5.

3) Vergl. meine Histologie S. 93.

nicht für Zellen spricht, will ich immerhin nicht unerwähnt lassen, dass sie nach Einwirkung von Essigsäure doch wieder recht das Bild wirklicher Zellen geben, insofern man ein kernartiges Gebilde mit Kernkörperchen innerhalb eines Ballens feinkörniger Substanz unterscheidet. Dann will ich auch nicht verschweigen, dass es mir bei einer sich häutenden Coronella laevis geschienen hat, als ob jene Epidermiszellen, welche als Grundlage der Höcker- und Warzenbildung zwischen den Schuppen dienen, sich zu solchen Körpern verändert hätten.

Da ich diese Amyloidkörper mehrmals gerade an solchen Thieren zahlreicher wahrnahm, welche der Häutung nahe waren, so schien der Zweck derselben zu sein, das Abheben des Oberhäutchens zu bewirken oder zu fördern; allein ich traf sie keineswegs immer unter Umständen an, welche der Ansicht, dass sie ein mit veranlassendes Moment bei der Häutung seien, günstig waren. Ich habe mir auch wohl die Frage aufgeworfen, ob das Ganze nicht am Ende eher in das Gebiet pathologischer Vorgänge gehören möge. Jedenfalls ist sicher, dass bei den Schlangen, ebenso wie bei einem sich häutenden Arthropoden unter der alten abzuwerfenden Hautschicht schon eine neue, wenn auch weichere, immerhin bereits fertig gebildete ebensolche Lage wartet um ans Tageslicht zu treten. Demnach wird eine Häutung vor Allem dadurch eingeleitet, dass eine neue Cuticula sich schon zu der Zeit gebildet hat, wo noch die alte in Thätigkeit ist; aber das eigentliche Abgestossenwerden muss doch wohl schliesslich durch Abscheidung eines lösenden und wegdrängenden Stoffes bewirkt werden.

Die Cuticula sammt ihrer zelligen Matrix erzeugt an den Schuppen und Schienen einen über die Lederhaut frei vorstehenden Saum, welcher dem freien Rand der Nägel, Krallen und ähnlichem zu vergleichen ist und als „Hornschuppe“ im engeren Sinn bezeichnet werden könnte.

2. Becherförmige Sinnesorgane und ihre Verbreitung.

In der Epidermis liegen von mir vor Längerem aufgefundene und näher beschriebene Sinnesorgane [1]), über deren feineren Bau

1) Organe eines sechsten Sinnes, S. 81. Nov. act. acad. Leop. Carol. Vol. XXXIV, 1868; zur Kenntniss der Sinnesorgane der Schlangen, Archiv f. mikrosk. Anatomie, 1872, S. 344.

ich im Augenblicke nichts Neues beizufügen habe; wohl aber eine Bemerkung bezüglich ihrer Verbreitung über die Körperoberfläche, was uns wegen anderer nachher zur Sprache kommenden Bildungen von Bedeutung wird.

Ich hatte früher bereits angegeben, dass die Organe an der äusseren Haut des Kopfes zahlreich stehen und zwar dicht gehäuft nur an den Lippenrändern, auf dem Schnauzenschild, auf den Nasalplatten; an den genannten Stellen verbreiten sie sich unregelmässig, an anderen Orten, z. B. auf dem Wirbelschild, halten sie bestimmte, wenn auch nicht allzu regelmässige Reihen ein. Wie weit sie über den übrigen Körper sich erstrecken, wusste ich dazumal nicht zu sagen: eine Anzahl Schuppen des Rückens und der Bauchschienen, die ich von Coronella laevis nahm, besassen sie jedenfalls nicht.

Ich habe jetzt von neuem ein sehr wohl erhaltenes Exemplar von Coluber viridiflavus, var. carbonarius, genau auf die Frage: wie weit verbreiten sich die in Rede stehenden Sinnesbecher, untersucht und gefunden, dass die Organe auch bei dieser Art zunächst auf allen Kopfschildern in der vorhin erwähnten Weise zugegen sind; auf manchen Schildern, z. B. denjenigen der Wangengegend, waren sie in geringer Zahl, nur etwa zu fünf oder sechs vorhanden. Jenseits des Kopfes nun, in der Halsgegend, fangen sie an zu verschwinden: so besitzen die grösseren und kleineren Schuppen, welche von der Wangengegend aus die Hinterhauptsschilder umsäumen, alle noch die Sinnesbecher, erst auf denen der zweiten und dritten Reihe des Nackens verlieren sie sich. An ihre Stelle rücken die nachher zu besprechenden „hellen Flecke", die auch schon einzeln auf einigen Kopfschildern zugleich mit den Becherorganen auftauchen. Bezüglich der Ringelnatter habe ich auch anzufügen, dass auf den Schildern und Schuppen der Kehlgegend sich unsere Organe noch, wenn auch schon sehr zerstreut, vorfinden.

3. Eine andre Form von Sinnesorganen.

Der vorhin erwähnten eigenthümlichen „hellen Flecken" habe ich bereits in einem vor Kurzem veröffentlichten Aufsatz im Vorbeigehen gedacht [1]); über ihren feineren Bau bin ich freilich auch jetzt kaum weiter gekommen, doch kann immerhin das Wenige, was

1) Zur Kenntniss der Sinnesorgane der Schlangen, Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. 8. S. 343, Anmerkg. 2.

ich zu berichten habe, vielleicht zum Anlass werden, dass andere Beobachter Geduld und Zeit dem Studium dieser Gebilde zu widmen sich entschliessen.

Was die Vertheilung und das Vorkommen betrifft, so stehen die hellen Flecken immer nahe dem freien Rande der Rückenschuppen. Bei Coronella laevis hebt sich entweder ein einziger Fleck ab, den allein ich früher bemerkte, oder es sind zwei vorhanden und dann dicht zusammengerückt; ich finde nicht, dass irgend eine Regel diese Vertheilung beherrscht, vielmehr stehen ein oder zwei Flecken in buntem Wechsel über die Haut hin. Alle Rückenschuppen sind mit den gedachten Punkten versehen, nur nicht mehr jene, welche an die Bauchschienen anstossen. Bei den übrigen deutschen Arten: Tropidonotus natrix [1]) und Tr. tessellatus [2]), Coluber flavescens [3]) und C. viridiflavus [4]), Vipera berus [5]) und V. ammodytes [6]) sieht man im Allgemeinen zwei derartige lichte Flecken. Coluber viridiflavus, var. carbonarius, allwo wegen des vielen Pigmentes die hellen Flecken ganz besonders scharf abstechen, lässt überdies auf vielen Schuppen — nicht allen — seitwärts und rückwärts noch einen dritten solchen Fleck erkennen [7]). Bei Coluber flavescens herrscht wie bei Coronella laevis ein ziemlicher Wechsel: auf vielen Schuppen stehen zwei solcher Organe, auf andern ein einziges. Bei den beiden genannten Giftschlangen [8]) entfernen sich die zwei Flecken etwas mehr von der Spitze der Schuppe als bei den giftlosen; bei Vipera ammodytes, wenigstens an dem von mir untersuchten Exemplare, erschienen die Flecken, obschon bestimmt nachweisbar, doch weniger deutlich ausgeprägt, als solches bei den übrigen Arten der Fall war.

Bei jenen Species, deren Haut viel dunkles Pigment in sich schliesst, heben sich in Rede stehende Gebilde wie angedeutet als weisse, scharf umschriebene Punkte schon für die Lupe so gut ab, dass sie unmöglich übersehen werden konnten, wesshalb ihrer auch z. B. von Coluber viridiflavus dieser und jener Zoologe nebenbei als „zweier eingestochener Punkte" gedenkt. Aus dem angegebenen Grund machen sie sich für die Lupe in der schwarzen Haut des Coluber carbonarius äusserst bemerklich.

1) Fig. 9. 2) Fig. 10. 3) Fig. 13.
4) Fig. 11. 5) Fig. 15. 6) Fig. 17.
7) Fig. 12.
8) Auch bei Vipera aspis sind sie in der Zweizahl vorhanden.

Trotz oftmaligen Versuches das histologische Verhalten mir besser ins Klare zu bringen, habe ich bisher blos Folgendes festzustellen vermocht.

1) Die Cuticula der Epidermis verliert da, wo sie auf die Grenze der hellen Flecke trifft, die im Obigen erörterten Sculpturen, sie wird glatt und geht in dieser Weise über die Stelle weg [1]).
2) Die Substanz des Fleckes besteht aus einem rundlich umschriebenen Haufen von Zellen, denen ich einstweilen nur so viel abgewinnen kann, dass sie lichter und zarter aussehen als die umgebenden gewöhnlichen Epidermiszellen [2]).
3) Quer- und Längsschnitte durch den ganzen Schuppenkörper zeigen an, dass ein stärkerer Nerv die Richtung gegen die freie Spitze der Schuppe, somit gegen den oder die hellen Flecke nimmt [3]).

Wenn ich schon nach diesem Wenigen eine Meinung abgeben sollte, in welche Gruppe von Organen die fraglichen Bildungen etwa zu bringen wären oder als was sie aufzufassen seien, so ginge sie dahin, dass ich sie für Abänderungen jener Sinnesbecher, welche am Kopf vorkommen, erklären möchte. Und hierbei stütze ich mich besonders auf den Umstand, dass bei der Blindschleiche, Anguis fragilis, die echten Sinnesbecher nicht blos am Kopf, sondern auf der Hautfläche des ganzen Körpers vorhanden sind: schon früher theilte ich mit, dass „fast auf jeder Schuppe sich einige solcher Organe bei diesem Thiere nachweisen lassen", und jüngst machte ich noch besonders aufmerksam, dass man bei reifen Embryonen sich von dieser Verbreitung am leichtesten überzeugen könne. Wenn man nun bedenkt, dass anstatt dieser Organe an gleichem Platze die „hellen Flecken" stehen, so wird es doch sehr wahrscheinlich, dass beide Bildungen unter einander in näherem Sinne verwandt sind und für einander eintreten können.

III. Lederhaut, Corium.

1. Schuppen im Allgemeinen.

Dass die Schuppen der Schlangen, gleich den „Hautkörnern" und „Hautplatten" der Saurier, als grosse niedergedrückte Papillen

1) Fig. 29.
2) Fig. 28, a.
3) Vergl. Fig 5.

der eigentlich recht dünnen Lederhaut anzusehen sind, braucht wohl kaum weiter begründet zu werden. Erwähnung verdient es vielleicht, dass diese schuppigen Auswüchse der Lederhaut nicht ursprünglich von eckiger Form sind, sondern eine länglich ovale Gestalt haben; die polygonale, ein riesiges Epithel im Umriss wiederholende, Beschaffenheit entsteht erst nachträglich durch die sich im Ganzen zusammenschiebende Haut.

Befindet sich das Thier in gewöhnlicheren Zuständen, so scheinen am Rücken und insbesondere wenn der Leib eingefallen und mager geworden, bei allen Arten die Schuppen so dicht sich zu erheben, dass die eine die andere begrenzt und die hinteren Enden nach Art der Dachziegel sich decken; indessen ziehen schon z. B. in der Kehlgegend zwischen den Schuppen und Schildern glatte Raine hin, augenscheinlich berechnet für die grosse Ausdehnung, welche gerade diese Hautgegend beim Verschlingen der Beute erleidet. Bei trächtigen Thieren aber weichen am Rücken sowohl wie namentlich an den Seiten die Schuppen dergestalt auseinander, dass breite Raine von tiefschwarzer Färbung zwischen ihnen verlaufen. An einer frisch gefangenen Vipera berus, var. prester, zeigten sich diese Raine in zierlicher Weise büschelig quergefaltet; was eben Alles dahin zielen mag, die Ausdehnbarkeit der Haut zu vermehren [1]).

2. Bindegewebe.

Zu wiederholten Malen wurde von mir darauf hingewiesen, dass man in der Lederhaut der Amphibien und Reptilien [2]) zu unterscheiden habe zwischen der Grund- oder Hauptmasse, welche

1) Ich habe an einem andern Orte (Nov. act. acad. Leop. Carol. Vol. XXXIV) die Kalkschuppen des Scincus ocellatus genauer nach dem histologischen Verhalten besprochen und gezeichnet. Unterdessen bin ich mit einem Autor bekannt geworden, der diese Theile ebenfalls mikroskopisch untersucht hat: es ist de Natale in seiner Abhandlung Sullo scinco variegato (Accad. delle Sc. di Torino, Ser. II, Tom. XIII, 1853). Obschon die Punkte, welche ich im Auge hatte, ausser dem Gesichtskreis des italienischen Zoologen liegen, möchte ich doch auf die Arbeit nachträglich hinzuweisen hier nicht unterlassen. — Die Structur der Schuppen von Caecilia, welche eine andere Form von Kalkschuppen darstellen, habe ich im Einzelnen behandelt in meinem Aufsatz über die Schleichenlurche (Coeciliae), in d. Zeitsch. f. wiss. Zoologie, Bd. XVIII. S. 287.

2) Ueber Organe e. sechsten Sinnes, Nov. act. acad. Leop. Carol. 1868, S. 28. — Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier, 1872, S. 5.

aus derben wagrechten Lagen bestehe, und den zwei Grenzschichten; letztere seien weich, locker gewebt und setzten sich in charakteristischer Weise, mitten durch die wagrechten Lagen, mittelst senkrecht aufsteigender Züge in Verbindung, wobei sie auch feinere Fortsetzungen wagrecht zwischen die Lagen der derben Bindesubstanz absenden.

Bei den Schlangen [1]) kehren im Wesentlichen dieselben Verhältnisse wieder, und es heben sich abermals die beiderlei Sorten des Bindegewebes in sehr bestimmter Weise von einander ab. Wahrscheinlich ist auch, gleichwie ihre physiologische Leistung unmöglich ein und dieselbe sein kann, ihre Entwickelung nicht minder eine verschiedene.

Den Stock [2]) der Lederhaut bilden homogene, wagrecht ziehende Lagen; zwischen ihnen zeigen sich länglich eckige Lücken, die sog. Bindegewebskörper; da wo die Haut sich zu den schuppigen Erhebungen verdickt, durchflechten sich nach aufwärts die Lagen, unter Abnahme ihres Dickendurchmessers, so dass im Querschnitt die Begrenzung der Bündel eher das Bild netzförmiger elastischer Fasern giebt [3]). Uebrigens unterscheidet man auch nach Aufhellung der Präparate, ausser diesen elastischen Grenzsäumen der Bindesubstanzbündel, wirkliche elastische Fasern, welche jedoch durchaus von nur mässiger Dicke sind. Besonders reich an elastischen Elementen erweist sich die Haut der Kehlgegend (Vipera berus), wohl bedingt durch die hier nöthige grosse Dehnbarkeit der Haut beim Verschlingen der Beutestücke.

Durch die derbe wagrecht streifige Bindesubstanz erhebt sich von unten her in Abständen ein lockeres weiches Bindegewebe [4]), welches oben angekommen, unterhalb der Epidermis zu einer Grenzschicht zusammenfliesst, sowie es auch unterhalb der derben Lagen in ununterbrochener Ausdehnung sich verbreitet.

Man hat wohl in der eben berührten Anordnung und Sonderung bindegewebig-häutiger Lagen einen weithin geltenden Zug in der Organisation höherer und niederer Thiere anzuerkennen. Ich ver-

1) Fig. 5, Fig. 3, Fig. 1.
2) Fig. 1, d.
3) Fig. 3, f.
4) Fig. 3, g.

weise zur Bestätigung dieser Ansicht auf das, was ich seiner Zeit über den Bau z. B. des Neurilemms von Hirudineen und Lumbricinen [1]) gefunden habe. Das Neurilemm besteht bei den Egeln „aus einer derben Bindesubstanz, vom Habitus einer Cuticula. In ihr sieht man schmale beiderends sich verjüngende Streifen oder Spältchen, in denen ein Kern durch Essigsäure meist noch nachweisbar ist; häufiger liegt in dem engen Raum eine Reihe kleiner Fettpünktchen. An Thieren, die einige Zeit in Essigsäure aufbewahrt wurden, erschienen die Spalträume in scharfe Längsstriche, von der Tracht elastischer Fasern, ausgezogen." Da wegen ihrer geringen Dicke fragliche Haut wie homogen sich ausnehmen kann, so erwähnte ich auch bezüglich der Gattung Lumbricus, dass „nach Reagentien längliche, spaltförmige, Kügelchen enthaltende Räume (Bindegewebskörper) in der anscheinend homogenen Haut zugegen seien." Aehnlich ist das Verhalten bei den Arthropoden [2]). Die innere das Nervengewebe zunächst umgebende Scheide ist eine mehr oder minder derbe Haut, bei zarten kleinen Thieren oft nur eine glashelle Membran, in der nach Reagentien kaum Spuren von zelligen Elementen in Form kurzer Längsstriche erkannt werden können Dann aber wird sie dicker, derber, erscheint stark streifig, so dass man wirkliche Fasern zu sehen glaubt; nach Behandlung mit Reagentien hat man schmale Bindegewebskörperchen mit Kernen und eine homogene gestreifte Grundsubstanz zur Ansicht." Endlich die gleiche entsprechende Sonderung trifft man auch bei höheren Wirbelthieren, sobald Bindesubstanz die Rolle des Stützgewebes von Drüsen, Haarbälgen, Eifollikeln u. s. w. zu übernehmen hat.

Und was nun ferner alle Beachtung verdient: nur das lockere weiche Bindegewebe hat Beziehung zu den Blut- und Lymphbahnen, und ist Träger der Nerven und des Pigmentes. Für die Würmer verweise ich auf meine früheren Angaben [3]). Arthropoden mit selbständigen Blutgefässen, z. B. die höheren Krebse, verhalten sich nicht anders; sind im Körper Tracheen zugegen, wie bei den Insecten, so gehören sie zum lockeren Bindegewebe ebenso ausschliesslich wie die Blutgefässe, und beide stehen zusammen wie Berg und Thal [4]) Bei Amphibien und Reptilien bietet sich das

1) Vom Bau des thierischen Körpers. Tübingen 1864, S. 49. S. 151.

2) Ebendaselbst S. 214.

3) Vom Bau d. thierischen Körpers, z. B. S. 151.

4) Ebendaselbst S. 219.

Gleiche dar: die grösseren Gefässstämme für die Haut liegen unterhalb derselben in den lockeren Schichten; zugleich mit den säulenartig aufsteigenden Zügen desselben durchsetzen sie die derben wagrechten Lagen und gelangen in die oberen lockeren Schichten, um hier die Capillarnetze zu entwickeln.

Ich hebe dieses Alles aus dem Grunde hervor, weil es in bestätigendem Zusammenhang zu dem steht, was ich seiner Zeit im Allgemeinen über diesen Gegenstand auszusagen in der Lage war [1]), und möchte noch auf Eines hindeuten. Die Intercellularsubstanz des Bindegewebes überhaupt wurde von mir schon dazumal nach ihrer Entstehung als eine cuticulare Zwischenmaterie aufgefasst; am Neurilemm der Arthropoden liess sich die zellige Matrix der homogenen derben Lagen sehr bestimmt erkennen [2]). Die von andern Forschern gemachten neueren Beobachtungen über die Entstehung des Knochengewebes, d. h. über die Beziehung der Zelle zur Intercellularsubstanz, dienen zur Bekräftigung des von mir nach dieser Seite hin längst Vorgebrachten.

Hingegen mögen die Zellen, aus welchen das lockere Bindegewebe seinen Ursprung nimmt, noch andere Metamorphosen durchmachen als diejenigen sind, welche ich für die Entstehung der Blutcapillaren, sowie der capillaren Tracheen aufzeigte [3]); es kann gar wohl richtig sein, dass ein Theil der Zellen, wie spätere Beobachter wollen, sich zu den faserigen Elementen umgestaltet.

Erwähnung verdient auch, dass man an Durchschnitten der Haut, quer zur Längsachse des Thieres, auf einzelne querverlaufende festere Stränge stösst, die in grösseren Abständen stehen und sich sehr deutlich vom übrigen Bindegewebe abheben. Sie erinnern an das Bild, welches der Durchschnitt einer Sehne gibt. Auch hierbei handelt es sich nach meinen sonstigen Erfahrungen um eine weiter verbreitete Bildung. So habe ich bei Eidechsen einen gleichen Strang gefunden [4]), allwo er, wenn auch fester als das umliegende Bindegewebe, doch noch nicht chitinisirt oder verhornt ist. Ein

1) Ebendaselbst S. 46. ff.
2) Ebendaselbst S. 215.
3) Ebendaselbst S. 51.
4) Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier, S. 112.

solch weiterer Schritt zeigt sich aber in andern von mir beschriebenen Fällen: so habe ich diese Form des Bindegewebes beschrieben aus der Umgegend der Kloake bei Lacerta ocellata [1]), noch früher aus der Haut der Pachydermen [2]), wie denn auch die sog. Hornfäden in den Flossen der Fische hierher gehören.

3. Pigment.

Wie anderwärts bei den von mir bis jetzt untersuchten Amphibien und Reptilien, so liegt auch bei den Schlangen die Hauptmasse des Pigmentes [3]) in der Lederhaut und zwar in den lockeren Schichten. Dabei ist das Pigment im Allgemeinen von doppelter Art: ein schwarzes in den tieferen Lagen des „Papillarkörpers", und darüber weg ein weissgraues, nicht irisirendes, das z. B. bei Tropidonotus natrix dicht netzartig sich verbreitet und stellenweis nicht eigentlich körnig ist, sondern wie eine flüssig gewesene und jetzt erstarrte Masse sich ausnimmt.

Ich habe an einem andern Orte [4]) mich bereits näher über die Pigmente der Lederhaut der Amphibien und Reptilien bezüglich ihrer Lage und Natur ausgesprochen und finde bei diesen meinen spätern Arbeiten nur Bestätigung des dort Bemerkten, insbesondere was die Beziehung des Pigmentes zu dem lockeren Bindegewebe betrifft, an dessen Verbreitung es sich vor Allem hält.

Wenn daher, wie es z. B. an Vipera ammodytes der Fall ist, die Lederhaut sehr pigmentirt sich zeigt, entschieden mehr als bei der Ringelnatter, so zieht sich zunächst eine schwarze Zone unter dem derben Corium hin, dann davon weg schwarze senkrecht aufsteigende Züge, welche Querausläufer zwischen die Lagen der derben Bindesubstanz schicken, endlich verbreitet sich eine schwarze Hauptzone oben im Schuppenkörper, wenn wir dieses Wort anstatt Papillarkörper brauchen wollen.

Auch die Andeutungen, welche ich seiner Zeit über die chemische Beschaffenheit des weissen, aus Körnchen gebildeten und nicht metallisch glänzenden Pigments gegeben habe, gelten mir noch. Das weissgraue Pigment kann übrigens auch in den unteren Schichten der Epidermis liegen. Bei einem männlichen Thier von Vipera

1) Ebendaselbst S. 148.

2) Arch. f. Anat. u. Phys. 1859, oder Bau des thierisch. Körpers, S. 48.

3) Vergl. Fig. 1, Fig. 3, Fig. 5.

4) Organe e. sechsten Sinnes, Nov. act. acad. Leopold. Vol. XXXIV, p. 30.

berus fiel mir auf — und wahrscheinlich ist es auch sonst so — dass zwar am Rücken das Weissgrau der Lederhaut angehörte, aufgelagert dem Schwarz, aber an den Schienen der Bauchseite lag es in der Epidermis; daher nach Abheben der letzteren die Lederhaut sich tief schwarz ausnimmt. Ferner möchte der Erwähnung werth sein, dass die Lederhaut, in soweit sie sich am Rücken und den Seiten nicht in Schuppen erhebt, nur das schwarze Pigment besitzt; erst in den schuppigen Auswüchsen gesellt sich das weissgraue in dichtester Füllung hinzu.

Da bei Coluber carbonarius auch in dem Epidermisüberzug sehr viel schwarzes Pigment liegt, so kommt das metallische Pigment erst dann zum Vorschein, wenn wir die „Hornschuppe" abgestreift haben. Das Thier hat jetzt von seiner reinen Schwärze eingebüsst. An Embryonen von Tropidonotus natrix bemerke ich, dass das dunkle Pigment in Form verästigter Zellen nicht in der Lederhaut, sondern in der Schleimschicht der Oberhaut zuerst auftritt.

Gleichwie es ein allgemeiner Zug in der Organisation der Amphibien und Reptilien ist, dass das so häufig und die verschiedensten Theile des Körpers durchziehende dunkelkörnige Pigment vor Allem die Blutgefässe begleitet und seinen Hauptsitz in deren äusserer Hülle hat, was z. B. bei dunkler Besprenkelung des Muskelsystems sehr deutlich ist, ebenso hält es sich in der Lederhaut in erster Linie an die Umgebung der Blutgefässe und heben sich dadurch die Bahnen derselben, selbst die Endschlingen in den Schuppen, gut ab.

Wenn ich mich von Neuem danach umsehe, wie sich denn eigentlich das Pigment zu den nächst benachbarten Theilen in strengerem Sinne verhält, so finde ich, dass meine vor nunmehr fünfzehn Jahren vorgelegten Angaben sich durchaus bewahrheiten. Ich hatte ehe das Wort: „Bindegewebskörperchen" ausgesprochen war, die damit gemeinten Gebilde in der Haut der Süsswasserfische wahrgenommen [1]) und richtig als Lücken gedeutet: „Durch die Einschnürungen von Seite der Spiralfasern entstehen Lücken zwischen den Bindegewebsbündeln, welche von hellem scharfcontourirtem Aussehen sind und je nachdem man sie im Längen- oder Querschnitt sieht, eine veränderte Gestalt zeigen." Auch hatte ich mich durch die Beobachtung überzeugt, dass aus den Bindegewebskörpern, indem sie sich erweitern, vielleicht auch mehrere zusammenschmelzen, die

1) Zeitschrift f. wissensch. Zoologie, 1850.

grösseren Lücken in der Bindesubstanz hervorgehen [1]). Als ich [2]) daher auf die Beantwortung der Frage mich einliess, wie eigentlich die Bewegungen der Chromatophoren in der Haut der Reptilien zu Stande kommen, sprach ich mich nach meinen dazumal bloss an der Froschhaut gewonnenen Erfahrungen dahin aus, dass die dunkeln Pigmentfiguren — morphologisch aufgefasst — die Bedeutung von pigmenterfüllten Bindegewebskörpern haben; dass man jedoch nur bedingungsweise der Membran dieser Bindegewebskörper eine Selbstständigkeit zuerkennen dürfe; denn sie sei eben blos die festere Grenzschicht des die Bindesubstanz durchziehenden und in der Histologie mit dem Namen „Bindegewebskörperchen" belegten Lückensystems. Die Formveränderungen der Chromatophoren, das Verschwinden der Ausläufer an den verzweigten „Pigmentzellen" und das Kugeligwerden sei das Resultat einer Contraction des hyalinen Inhaltes der Bindegewebskörperchen.

Für die Haut der Schlangen gelten nun diese Sätze in völlig gleicher Weise [3]). Mit noch mehr Sicherheit nehme ich jetzt wahr, dass erst innerhalb der als „Bindegewebskörperchen" bezeichneten Lücken die Pigmentzellen oder Chromatophoren liegen: der Grenzsaum der letzteren und die Begrenzungslinie der ersteren sind zwei von einander verschiedene Dinge. Erscheinen beide freilich ganz nahe zusammengerückt, so können sie eine einzige Linie vorspiegeln. Und so wiederhole ich durchaus meinen früheren Vergleich: in dem Lückensystem der Bindesubstanz bewegen sich ähnlich den Körpern der Amoeben und Rhizopoden die Chromatophoren, fliessen in Fäden aus und kugeln sich wieder zu einem Klümpchen zusammen; bleiben dabei auch nicht an einer und derselben Stelle, sondern steigen auf und nieder.

Schon oftmals ist von den Zoologen auf die Veränderlichkeit der Farbe bei den Schlangen hingewiesen worden. Wenn es bei Linné bereits heisst: „Serpentes . . . . . colore pro anni tempore, aetate, vitae genere, asservationis artificiis quam maxime variabili", so hat er zum Theil vielleicht schon an den lebendigen Farbenwechsel, welchen wir hier im Auge haben, gedacht; denn sein

1) Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien 1853, S. 34, S. 108 u. Histologie Fig. 4, S. 31.

2) Histologie S. 105.

3) Vergl. Fig. 1, dann besonders Fig. 2.

Schüler Hasselquist spricht ja in dem Bericht über seine Reise nach Palästina [1]) von Schlangen, welche nach Art des Chamäleons die Farbe ändern. Später scheint man im Allgemeinen den Schlangen mehr feststehende Farben zugeschrieben zu haben. Blos die Gruppe der grünen Baumschlangen (Herpetodryas Schleg.) wurde immer als diejenige bezeichnet, bei welcher ein Farbenwechsel nach Art des Chamäleons stattfinde.

Desshalb verdient es hervorgehoben zu werden, dass auch bei den einheimischen Nattern, Abänderungen der Farbe durch bewegliche Farbzellen oder Chromatophoren sich beobachten lassen, indem ein und dasselbe Thier, besonders unter dem Einfluss verschiedener Temperaturgrade, den Ton der Grundfarbe merklich abstuft. Die südlichen Thiere, wahrscheinlich weil empfindlicher, zeigten mir den Wechsel lebhafter als die gleichen Arten unseres Landes. Ich erhielt z. B. eine Anzahl lebender Ringelnattern von den Ufern der Etsch bei Verona; es geschah im April und bei allen war die Grundfarbe ein dunkles Olivengrau. Als die warmen Tage kamen, hellte sich die Grundfarbe sehr auf und wurde zu einem lichten Graublau, daher sich jetzt die Zeichnung der dunklen Flecken schön und scharf abhob. — An Thieren welche in Weingeist gelegen, kann der ausgedehnte oder der zusammengezogene Zustand der Chromatophoren festgehalten sich zeigen: an dem einen Exemplar tritt daher ein dunkles Netz an Stellen auf wo ein zweites Exemplar nur dunkle Flecken von Kugelform besitzt.

In der Zeitschrift Isis, Jahrgang 1819, S. 44, lese ich: „Briton ermahnt, nach seinen Beobachtungen über die Veränderungen der Haut bei Eidechsen und Schlangen, die Zoologen in der Vervielfältigung der Gattungen vorsichtig zu sein.“ Leider mangelt ein weiterer literarischer Hinweis, so dass man nicht ganz sicher ist, ob mit dem Ausdruck „Veränderung der Haut“ das, worauf ich ziele, gemeint sei, oder nur individuell abändernde aber feststehende Farbentöne.

Bei Abfassung meiner Schrift über die auf deutschem Boden vorkommenden Eidechsen, war mir de Filippi's Abhandlung: Sulla

---

1) Herausgegeb. von C. Linnäus. Aus d. Schwedischen. Rostock, 1762.

struttura della cute dello Stellio caucasicus [1]), leider aus dem Gedächtniss gekommen, und doch hätte sie namentlich im Hinblick auf den durch Chromatophoren erzeugten Farbenwechsel und den histologischen Bau der Haut der Saurier beachtet werden sollen, schon desshalb weil dieselbe Vieles bringt, was mit meinen an einheimischen Thieren gewonnenen Beobachtungen übereinstimmt. Da nun die wesentlich gleichen Verhältnisse bei den Schlangen wiederkehren, so darf ich wohl noch nachträglich an dieser Stelle auf die Arbeit des verstorbenen Turiner Zoologen vergleichend eingehen.

De Filippi fand auf seiner Reise nach Persien den Stellio caucasicus sehr häufig (comunissima dapertutto in Georgia ed in Persia), eine Art, von deren Farbenwechsel bis dahin noch nichts bekannt geworden war [2]). Er fing bei seinen ersten Ausflügen in der Umgebung von Tiflis mehrere dieser Thiere und sperrte sie in eine Blechkapsel. Indem er sie nach einiger Zeit herausnahm, sah er mit Ueberraschung, dass einige derselben und besonders die grösseren sehr merklich ihre Farbe in Schwarz umgesetzt hatten. Unser Beobachter erkannte sofort, dass es sich um die gleiche Erscheinung handle, welche das Chamäleon berühmt gemacht, und prüfte die Sache weiter. Ganz wie in dem von mir an einheimischen Sauriern und Schlangen wahrgenommenen Wechsel, und im Gegensatz zum Chamaeleon, wird der Stellio schwärzlich, wenn er im Dunkeln gehalten wird, und hellt sich wieder auf bei voll auf ihn einwirkendem Licht. Die mikroskopische Untersuchung unterschied zweierlei Pigmente: ein gelblich weisses, welches oberflächlich sich ausbreitet, und ein dunkles in der Tiefe der Haut gelegenes. Dass die Grundveränderung der Farbe von dem letzteren Pigment ausgeht, war schon daraus klar, dass der junge Stellio dieses Pigment in seiner Haut noch nicht besitzt und auch die Farbe zu ändern noch ausser Stande ist.

1) Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino. Ser. II, Tom. XXIII, 1865.

2) Ein Exemplar von Stellio vulgaris, herstammend von der Insel Mykonos, auf welche sowie auf einige andere der griechischen Inseln bekanntlich diese Art von Osten her sich erstreckt, hielt ich einige Zeit im lebenden Zustand, ohne auf den Farbenwechsel aufmerksam geworden zu sein. Entweder ist er bei dieser Art überhaupt weniger ausgesprochen oder die Jahreszeit — es war Winter und das Thier verschmähte alle Nahrung — trug dazu bei, dass die Contractilitätserscheinungen herabgestimmt waren.

An den durch die Haut geführten Längs- und Querschnitten unterscheidet de Filippi zu äusserst: „produzioni epidermiche", welche hauptsächlich die Schuppen zusammensetzen. Aus der näheren Beschreibung, welche gegeben wird, glaube ich entnehmen zu können, dass auch hier eine homogene Cuticula vorhanden ist mit feinliniger Sculptur; dahin deute ich wenigstens die „linee trasparentisime, le quali fanno tutta l'impressione di contorni di cellule." Unter diesem „primo strato" kamen dann die Epidermiszellen selber. Unverständlich aber, weil im Widerspruch mit dem, was ich sonst bisher bei Reptilien sah, ist die auch auf den Abbildungen deutlich ausgedrückte Angabe, dass sich von den Furchen zwischen den Schuppen aus eine dünne Lage von Zellen noch einmal über die Fläche der eigentlichen Hornschuppe erstrecke. Auch in dem, was über die Zusammensetzung der Lederhaut gesagt und gezeichnet wird, kann ich mich schwer zurecht finden. Was ich die derben Lagen nenne, ist deutlich „il derma propriamente detto", ein andermal „fibre caline del derma"; die Lagen lockeren Bindegewebes, welche die Hauptmasse der Chromatophoren enthalten, scheint er gleich früheren Autoren zum rete Malpighi der Oberhaut zu rechnen. Betrachtet man die bildlichen Darstellungen der Haut genauer und vergleicht dazu was de Filippi über Hautpapillen, Gefässknäuel und Alveolen ähnliche Bildungen sagt, so fühlt man dass eine erneute Untersuchung am Platz wäre, wozu ja recht gut Weingeistexemplare ausreichen könnten.

4. Nerven.

Auf Längs- und Querschnitten der Haut zeigen sich im lockeren Bindegewebe unter den derben Lagen, zugleich mit den grösseren Gefässen, Nervenstämme, welche mit letzteren in den säulenartigen Erhebungen des lockeren Bindegewebes in die Höhe der Lederhaut dringen. Hierbei biegen stärkere Bündel in die Schuppen ein, nach ähnlicher Art, wie es sonst bei Anwesenheit von Hautpapillen geschieht; ein Theil der Fasern nimmt entschieden die Richtung gegen die oben erwähnten, die Becherorgane vertretenden hellen Flecke, sowie am Kopfe an die Sinnesbecher selber, endlich zweigt ein Theil zu den Papillen, welche mit Tastkörperchen versehen sind, ab.

Noch glaube ich auch hier beobachtet zu haben, dass ein Theil der Endausläufer sich mit den Chromatophoren verbindet; die Ner-

vensubstanz geht unmittelbar in das contractile Protoplasma uber, ähnlich wie bei Protozoen die contractile Leibessubstanz zugleich auch die sensible Materie des Körpers vertritt. Bei den Lacerten sah ich, wie schon anderwärts erwähnt wurde, nicht minder, dass Nervenfasern und Chromatophoren schliesslich in Eins zusammenfliessen können.

5. Lymphdrüsige Masse.

Unter der Haut der Schlangen, und zwar habe ich es bei allen einheimischen Arten gesehen, verbreiten sich zwischen der äusseren Bedeckung und der Musculatur des Stammes Lymphräume[1]), die sich gerne zu einer lymphdrüsenartigen Substanz umgestalten. Dabei zeigen sich schon für's freie Auge gewisse Unterschiede, welche man füglich in die „Kennzeichen" der ungiftigen und giftigen Schlangen aufnehmen könnte.

Bei Vipera ammodytes geht, was ich bereits kürzlich vorgebracht[2]), die Haut in ähnlicher lockerer und verschiebbarer Weise über den Kopf weg, wie sich die Haut der Batrachier allgemeiner in dieser Weite verhält. Das Gleiche kehrt an Vipera aspis wieder. Mit der Anwesenheit solcher Lymphräume unter der Haut steht offenbar die bei diesen Arten vorkommende Zerfällung der Schilder des Kopfes zu Schuppen im Zusammenhang. Schon bei Vipera berus ist die Verbreitung der Lymphräume auf die Rückenseite des Kopfes eingeschränkt; denn während noch am Hinterkopf und der Wangengegend sich die Haut wegen der darunter liegenden Lymphräume aufheben lässt, erscheint sie dort, wo der Wirbel- und die Hinterhauptsschilder der Vipera ammodytes und Vipera aspis durch Schuppen ersetzt werden, ziemlich dicht angeheftet. Endlich bei unseren Ophidia innocua decken grosse Schilder die Rückenseite des Kopfes durchweg, die Verschiebbarkeit der Haut hat aufgehört, und die grossen Lymphräume an dieser Stelle sind verschwunden. — In der ganzen Kehlgegend mögen wohl bei allen Arten die Lymphräume sehr weit sein, wie ich wenigstens nach dem Verhalten an Vipera berus, allwo ich darauf geachtet, schliessen möchte.

Die Umwandlung der Lymphräume in die lymphdrüsenartige Materie lässt sich oftmals beobachten. Ich sah sie z. B.

1) Vergl. Fig. 1, f.

2) Ueber die Kopfdrüsen der Schlangen, Arch. f. mikrosk. Anat. 1873.

an der Rückenseite des Halses von Tropidonotus natrix, allwo sich unter der Haut eine schon für's freie Auge sehr kenntliche Lage von weissgrauer Farbe hinzog, welche zwei- bis dreimal dicker war, als die Haut selbst. Die Füllung des zarten Maschengewebes innerhalb der Lymphräume geschah weniger durch Körnchen, als vielmehr durch gallertige Einlagerung. Diese Beschaffenheit knüpft somit an das an, was ich über die Füllung der Höhlungen unter der Haut des Frosches mit Lymphe und Gallerte in Näherem beschrieben habe [1]). Nicht minder begegne ich dem lymphoiden Gewebe, und zwar in grosser Ausdehnung, am Rücken der Vipera ammodytes; die Lymphräume grenzen sich nach unten, gegen die Rückenmuskeln zu, mit einer Fascie ab, über welche einzelne grosse Pigmentzellen hingestreut sind. Auch um das Auge herum, in der Conjunctiva, erscheint das lymphoide Gewebe z. B. bei Tropidonotus natrix. Wahrscheinlich hat schon Cloquet es an dieser Stelle bemerkt und irrig für ächte Drüsen genommen, da er von einem drüsigen die Conjunctiva umziehenden Saume spricht.

IV. Historisches.

Ueber den anatomischen Bau der äusseren Bedeckungen der Schlangen verlautet bisher nicht sehr viel in den unsere Thiergruppe behandelnden Schriften.

Die Faunisten beschränken sich auf die Angabe, dass diese Geschöpfe mit hornartigen Schuppen und Schildern von verschiedener Form und Lage bedeckt seien; Andere heben auch wohl bezüglich der Färbung hervor, dass sie vom Trüben und Schmutzigen durch alle Abstufungen in die lebhaftesten Töne des Weiss, Gelb, Grün, Blau, Roth, Schwarz sich umbilde, wobei alsdann Zeichnungen der verschiedensten Art: Netze, Streifen, Bänder, regelmässige und unregelmässige Figuren entstehen könnten. Wenige gedenken auch der dünnen, dabei sehr elastischen Beschaffenheit der Haut.

Hin und wieder wird es auch einem Beobachter bemerklich, dass zwischen den Schuppen einer Schlange und denen eines Fisches

1) Nov. act. acad. Leop. Carol. Vol. 34, pag. 43.

ein Unterschied bestehe. Ich habe bereits an einem anderen Orte [1]) auf Schrank hingewiesen, der längst darüber sich ausgesprochen hat. — Linné nennt die Haut der Schlangen „reticulata", wobei man kaum wissen kann, ob er damit das Aussehen, welches die Innenseite des „Natternhemdes" darbietet, gemeint habe, oder die Beschaffenheit der Oberfläche der Lederhaut.

Auch aus den Angaben Cuvier's in seinem System der vergleichenden Anatomie fühlt man, dass ihm der Bau der Haut nicht recht klar geworden war; es heisst dort z. B. die Oberhaut bedecke und umhülle die Schuppen vollkommen. Soll damit gesagt sein, rings herum, als sei die Schuppe ein Körper für sich und frei, so wäre dies unrichtig; denn die Schuppe hat neben den freien Flächen auch eine angewachsene. Die Pigmentschicht erklärt er für ein verschieden gefärbtes Schleimnetz; ein Warzengewebe komme nicht vor, doch unterlässt er nicht beizufügen: wenigstens habe es keine zitzenähnliche Gestalt.

Carus (Gustav), welcher die sehr bewegliche Schlange auf entfernte Weise einer fassenden Hand vergleicht, meint jedoch immerhin eine „feine, nervenreiche mit Nervenpapillen versehene Haut sei unentwickelt." [2])

Ein strengeres systematisches Studium der Haut der Schlangen, sowie der Reptilien überhaupt, haben fast gleichzeitig Blainville in Frankreich und Heusinger in Deutschland begonnen. Das Werk [3]) des Ersteren ist leider mir erst später genauer bekannt geworden, was ich zu meiner Entschuldigung bemerken möchte, da ich in manchen meiner früheren Arbeiten auf die Angaben des genannten Zoologen hätte Bezug nehmen sollen.

Blainville gibt von dem Bau des Integumentes der Reptilien im Grossen und Ganzen schon recht zutreffende Mittheilungen. Dahin ist z. B. die Angabe zu rechnen, dass das Pigment seltener in der eigentlichen Haut sich finde, als vielmehr auf der Oberfläche jener Partie, welche zu Schuppen entwickelt sei. Letztere selber

1) Die in Deutschland lebenden Saurier. S. 6. — Auf die Bildung der Oberfläche der Haut ist bereits Charas in seinem Werk: Sur la Vipere, Paris 1672 ausführlich, doch ohne weitere Vergleiche, eingegangen; mehr nur wie er selbst sagt, um das Thier nach dem Aeusseren kenntlich zu machen.

2) Lehrbuch der vergleichenden Zootomie, 1832.

3) De l'organisation des animaux, ou principes d'anatomie comparée. Tom. I. Paris 1822.

müsse man betrachten als „une sorte de saillie ou de pincement d'une partie du derme et de ses couches superposées.“ Insofern er aber ausspricht, dass die Haut der Schlangen weniger sensibel sei, eine Angabe, die später von Anderen wie oft wiederholt wird, und obendrein mit dem Zusatze, dass sie nicht als Tastorgan dienen könne, so will das nicht übereinstimmen mit meinen Befunden über gewisse Sinnesorgane, welche sich über die Haut des ganzen Körpers verbreitet vorfinden. Hingegen ist wieder richtig, wenn er hervorhebt, dass die Haut weniger dick sei, dabei in besonderem Grade elastisch. Die Bemerkung: das Blutgefässnetz sei wenig entwickelt, passt zwar auf die derben Lagen oder die Grundsubstanz der Lederhaut, keineswegs aber auf das, was ich als die lockeren oder Grenzschichten unterscheide. Die Epidermis, im Allgemeinen die Formen der Oberfläche der Lederhaut wiederholend, springe auch über dieselbe vor, so namentlich an Schuppen, welche sich wie Dachziegel decken. Drüsen seien in der Haut nicht vorhanden.

Auch Heusinger [1]) beurtheilt die gröberen Verhältnisse gut, und ist wohl der erste gewesen, der durch die Abbildung eines Längenschnittes der Haut von Coluber atrovirens (viridiflavus) den Bau dieses Organs erläutert hat. Er zerlegt die äussere Bedeckung in die Oberhaut und in die Lederhaut. Erstere sei ziemlich dick, homogen, hart, trocken, brüchig und vollkommen durchsichtig. Sie begleite die Lederhaut in ihrem ganzen Verlaufe und überziehe daher alle Falten und Erhabenheiten derselben. Dort wo die Lederhaut ziemlich eben sei, wiederhole sich das auch an der Oberhaut, es entstünden keine sogenannten Schuppen, sondern nur Abtheilungen nach den Formen der Lederhaut. Mache dagegen die Lederhaut kleine nach hinten vorspringende Erhabenheiten, so entstünden dadurch Arten von Schuppen, die sich um so mehr dachziegelförmig decken, wenn die Oberhaut jene Erhabenheiten sehr überragt; dann bilde sich aber doch nur eine einfache Falte der Oberhaut und die Schuppe sei immer sehr dünn. Heusinger erklärt, eine solche Schuppe sei mit den Fischschuppen nicht zu vergleichen; wenn er aber beisetzt, sie sei auch nicht mit den Hornschuppen der Pangoline zu vergleichen, so erleidet dies einige Einschränkungen, wor-

1) System der Histologie, 2. Heft, 1823. S. 223, Taf. II, Fig. 3.

über man meine Untersuchungen über die „Schuppen von Manis“ vielleicht beachten möge [1]).

Die Tafelerklärung belehrt uns noch weiter dahin, dass die Schuppen aus der dünnen, festen, weisslichen Lederhaut als „faserigte“ Körper sich erheben und mit einem dünnen gelbgrünen Pigment überzogen seien. Die Aussage, dass sie an den Spitzen am härtesten, dichtesten, fast hornartig seien, ist offenbar nicht mehr auf die Schuppe, in so ferne sie Erhebung der Lederhaut ist, zu deuten; sondern wir müssen sie, obschon dies nicht im Sinne unsers Autors liegt, auf die Epidermis beziehen.

Eine in mehrfacher Hinsicht wohl zu beachtende Abhandlung von Hyrtl [2]), dazumal in Prag, verbreitet sich auch über die Haut der Schlangen; und obschon die Angaben hierüber meist genau sind, so verfällt der genannte Anatom durch die einseitige Untersuchungsmethode der Injection doch nach einer Seite hin in eine fehlerhafte Auffassung.

Ein erstes Ergebniss der Studien dieses Autors ist, dass die für die Haut bestimmten Blutgefässe, nachdem sie an die innere Oberfläche derselben gekommen sind, dort ein Gefässnetz herstellen, aus dessen Maschen Zweige entstehen, „die gegen den Rand der Schuppen verlaufen und sich über dieselbe theils an der unteren, theils an der oberen Fläche verbreiten, um daselbst wahre Haargefässnetze zu bilden.“ Auf diese Erkenntniss hin wird alsdann ein Satz ausgesprochen, der an sich ein natürliches Verhalten gut zusammenfasst, den Beobachter jedoch etwas vom rechten Weg abgelenkt hat. Er sagt: „Jede Schuppe erscheint also zwischen zwei Gefässnetzen gelagert, deren äusseres immer mehr entwickelt und regelmässiger ist. Die Netze decken nicht blos die Flächen der Schuppen, sondern senden auch Zweigchen in ihre Substanz, welche untereinander anastomosirend, beide Netze in Verbindung bringen.“ Nach Hyrtl haben somit die Schuppen der Reptilien gefässreiche Hüllen, in welche sie eingekapselt seien und welche bei der Häutung nie abgestreift werden.

Es liegt auf der Hand, dass das, was der Anatom in Wien die „gefässreiche Hülle der Schuppen“ nennt, dasselbe ist, was ich seit

1) Ueber die äusseren Bedeckungen d. Säugethiere. Arch. f. Anat. u. Phys. 1859, S. 704.

2) Ueber die Gefässe in der Haut der Amphibien und Vögel. Medic. Jahrbücher d. österreichischen Staates. Wien 1839.

Langem als lockere Bindegewebsschicht der Lederhaut bei diesen Thieren unterscheide; und was bei ihm die „eigentlichen Schuppen" heissen, ist ein Theil der derben Lagen der Lederhaut. Die „eigentliche Schuppe" ist als flache Papillarerhebung gleich der übrigen Lederhaut aus beiden Arten des Bindegewebes gebildet; was daher Hyrtl gefässreiche, die Schuppe einkapselnde Hülle nennt, gehört zur Schuppensubstanz selber, und nur indem dieses lockere Bindegewebe der Träger der Capillarnetze ist, hob sich im injicirten Zustande die Lage von dem derben gefässreichen übrigen Theil der Schuppe dergestalt ab, dass sie das Aussehen einer besondern Hülle vorzuspiegeln vermochte.

Zustimmen aber muss man, wenn die Schuppen „integrirende Bestandtheile der eigentlichen Lederhaut, nicht der Oberhaut," genannt werden und wenn gegen Cuvier bemerkt wird, dass die Oberhaut die Schuppen der Eidechsen und Schlangen „nicht vollkommen" umhülle. Streitpunkte, die sich übrigens alle von selber erledigen, sobald man die Schuppen dieser Thiere als grosse niedergedrückte Papillen der Lederhaut erkannt hat.

Hyrtl will die Aenderung der Hautfarbe bei den Schlangen auf dem Wechsel im Volumen der Capillargefässe beruhen lassen; läugnet das Vorkommen „wahrer Schlingen, wie sie in den Tastwarzen der höheren Thiere vorkommen"; behauptet auch, „dass, selbst die Warze an der Hand männlicher Kröten, die in der Begattungszeit so anschwelle und zum Festhalten des Weibchens diene, durchaus keine Papillarbildung erkennen lasse" — lauter Aussprüche, deren Unrichtigkeit darzuthun wohl nicht mehr an der Zeit ist.

Auch an der von Bibron und Duméril gelieferten Darstellung [1]) wird der, welcher sich mit dem Gegenstande selber befasst hat, Manches zu verbessern sich geneigt fühlen. Die genannten Zoologen nehmen drei Hauptschichten an: die tiefste sei „le derme", fest und am dicksten, faserig und aponeurotisch, sehr elastisch und innig der darunter liegenden Muskelschicht angeheftet. Sie erhebe sich in manichfache Höcker, Warzen und Platten, nach denen sich die Schuppen modeln. Die zweite Haut sei feiner, wie schleimig und der Sitz der Pigmente. Die dritte oder äusserste ist die Epidermis, welche bei der Häutung sich abstreift. Nähere anatomische oder

1) Erpétologie générale. Tom. VI. 1844.

histologische Angaben sucht man in ihrer sonst ziemlich ausführlichen Beschreibung vergebens.

Ein Autor über Schlangen [1]), welcher ohne immer die zur Sache gehörige Vorbildung zu besitzen, doch auch von den Eigenschaften der Haut zu sprechen das Bedürfniss hat, meint weil die Haut sehr dehnbar sei, so dünsteten unsre Thiere sehr wenig aus, und dadurch erkläre sich, warum sie so lange hungern könnten und des Trinkens nicht bedürfen. Das letztere ist, was längst Dursy [2]) berichtigt hat, entschieden falsch: im wohl eingerichteten Zwinger trifft man unsre Schlangen — ich sah es an Tropidonotus natrix, Coronella laevis, Coluber viridiflavus — am Wassergefässe häufig trinkend an; und dass sie stark ausdünsten, scheint mir daraus hervorzugehen, dass sie in der Gefangenschaft rasch einfallen und Hautfalten bekommen, noch bevor Nahrungsmangel die Thiere verändern kann.

Ueber die Entwickelung der Haut bietet Rathke [3]) Beobachtungen dar, die wie immer den Charakter der Genauigkeit an sich tragen, obschon man eigentlich histologische Einzelnheiten vermisst. Von den zwei Hauptschichten des Integumentes unterscheidet er schon früh die Epidermis, sie lasse sich bereits an sehr jungen Embryonen, wenn man sie ein wenig in Weingeist erhärtet habe, in Lappen abziehen. Die Lederhaut erwähnt er aus dieser Zeit noch nicht, wohl aber dass die Substanz des Körpers überhaupt noch „sehr durchsichtig und gallertartig weich" sei. Erst in der von ihm angenommenen dritten Periode scheint er auch die Lederhaut zu unterscheiden; wenigstens beziehe ich darauf die Angabe: „an der Haut bilden sich durch partielle Verdickung und Auftreibung Schuppen und Schienen, zuerst dicht hinter dem Kopf, zuletzt am Ende des Schwanzes." Was dann Rathke weiter über die erste Form der Schuppen, welche als kleine Buckeln oder platte rundliche Hervorragungen der Haut bemerklich werden, sagt und sie den bei Eidechsen vorkommenden Erhöhungen vergleicht, stimmt gut mit dem, was man am fertigen Thier sieht. Interessant ist die Mittheilung, dass die Schienen ursprünglich aus zwei von einander abstehenden Hälften bestehen, welche erst allmählig zu einem Ganzen verwachsen. In der vierten Periode beginnt die Ablagerung

1) Lenz, Schlangenkunde, 1832.

2) Beiträge zur Naturgeschichte d. deutschen Schlangen. Archiv f. Naturgesch. 1856.

3) Entwickelungsgeschichte der Natter. Königsberg 1839.

des Pigments. Zuerst geschieht dies in den Rückenschuppen, allwo an der hintern Hälfte der Schuppe kleine schwarze Punkte zum Vorschein kommen, und längere Zeit bleibt es der hintere Rand der Schuppe, in welchem sich das Pigment am stärksten vermehrt; erst nach und nach wird die Färbung eine allgemeinere und nähert sich der des erwachsenen Thieres.

V. Das „Horn" der Sandviper.

Die Schnauze der Vipera ammodytes erhebt sich in eine Warze, welche herkömmlich das Nasenhörnchen, corniculum, genannt wurde. Ich habe dasselbe näher untersucht und gefunden, dass der Bau den gebräuchlichen Namen nicht rechtfertigt; auch im Uebrigen bieten sich bemerkenswerthe Verhältnisse dar, weshalb der Theil einer besondern Betrachtung unterzogen sein mag.

Das „Hörnchen" erscheint als eine zwei und eine halbe Linie lange, stumpfspitzige, nach aufwärts und vorn geneigte Warze. Schon dem Längsschnitt [1]) entnehmen wir mit freiem Auge, dass man es nicht mit einer Verdickung der Oberhaut zu thun hat, vielmehr sowohl die Lederhaut als auch die Epidermis in gewöhnlicher Dicke, dabei schuppenförmige Abgrenzungen bildend, über eine anscheinend homogene, weissliche und weiche Grundlage weggehe.

Die weissgraue bindegewebige Grundlage, welche ununterbrochen in die Lederhaut sich fortsetzt, besteht nicht aus den derben wagrechten Schichten, wie solche in der übrigen Lederhaut den Grundstock bilden, sondern einzig und allein aus dem weichen Gewebe des Papillarkörpers und ist demnach als eine Wucherung des letzteren anzusehen. Noch näher in's Auge gefasst, erscheint sie aus dicht verflochtenen, schmalen Bälkchen zusammengesetzt, deren Grenzsaum elastisch erhärtet ist. Das Bild des Querschnittes gestaltet sich darnach so, dass eine homogene Substanz, von feinsten elastischen Fasern umgriffen, in kleine rundliche Felder sich zerlegt [2]). In die Tiefe und Schräglage verfolgt, erweisen sich die pflastersteinartigen Abgrenzungen als die Köpfe von homogenen Cylindern, herkömmlich „Bindegewebsbündel", deren Grenzsaum von dem elastischen Fasergewebe vorgestellt wird.

1) Fig. 6.
2) Fig. 7, c.

Dieser Bindesubstanz oder Grundlage der Warze sind contractile Elemente oder glatte Muskeln eingeflochten, und zwar unter der Form verhältnissmässig kurzer Spindelzellen mit länglichen Kernen [1]).

Recht merkwürdig ist das Verhalten der Blutgefässe in der Warze. Es treten Arterien herein und Venen heraus: man unterscheidet auch in der Grenzschicht oder der Lederhaut Blutcapillaren [2]). Aber die eigentliche Substanz der Warze erscheint von dicht übereinander sich erhebenden weiten Bluträumen durchzogen, deren Hauptrichtung in's Quere geht und welche in dem vorhin beschriebenen Bindegewebe gleichsam wie ausgegraben sich darstellen [3]). Es sind keine besonderen Gefässwände zugegen und nur das Dasein einer Art Tunica muscularis könnte da und dort angenommen werden. Man sieht nämlich nach einwärts von dem begrenzenden, die Wand des Blutraumes herstellenden Bindegewebe, auf Querschnitten, anscheinend zellige Vorsprünge wie ein Epithel; aber dieselben rühren nicht von wirklichen Epithelzellen her, sondern es sind glatte Muskelfasern im Querschnitt [4]).

Ein anderes bemerkenswerthes Vorkommniss sind grosse Gefässknäuel, Glomeruli, die sich schon bei geringer Vergrösserung gut abheben, und unter starker Vergrösserung sehr deutlich als zu einem Ballen zusammengeschobene Blutgefässwindungen sich erkennen lassen [5]). Doch zeigen sich solche Glomeruli keineswegs zahlreich, sondern es sind mir nur einige zu Gesicht gekommen, und zwar bloss gegen die Wurzel der Papille zu.

Endlich habe ich noch besonders hervorzuheben, dass die Gefässknäuel in die vorhin erwähnten grossen venösen Bluträume hineinragen. Es mag wohl ein Ueberströmen des Blutes aus den Gefässknäueln in die Bluträume stattfinden; sowie man denn auch in der Rinde des Organs, allwo sich die gewöhnlichen Blutgefässe verbreiten, da und dort den unmittelbaren Uebertritt der Lichtung des Blutgefässes in jene des Blutraumes zu erblicken vermag.

Dass Nerven in die Warze aufsteigen, wird man von vorn herein für wahrscheinlich halten, und so lässt sich denn auch nach-

1) Fig. 7, d.
2) Vergl. Fig. 6.
3) Fig. 6, c.
4) Fig. 7, d$^{1}_{1}$.
5) Fig. 6, d.

weisen, dass eine ganze Anzahl von Stämmchen ihr angehören. Sie nehmen aber vorzugsweise, wenn nicht alle, die Richtung gegen die Rinde oder in die eigentliche Lederhaut, wo sie unter geflechtartigem Austausch ihrer Fasern wenigstens theilweise zuletzt an die nachher zu erwähnenden Sinnesbecher gehen. Ich habe darnach gesucht, ob nicht auch die von mir anderwärts [1]) beschriebenen kleinen Hautpapillen mit „Tastkörperchen" vorhanden seien, doch nichts davon bemerkt; auch dann nicht, wenn die Epidermis durch Maceration sorgfältig abgehoben worden war [2]).

Das Corium der Warze hat in Uebereinstimmung mit der Lederhaut des übrigen Körpers, zunächst der äusseren Schicht eine zusammenfliessende schwarze Pigmentzone und darüber hinweg erstreckt sich das weissgraue Pigment. Vereinzelt stehende, grosse dunkle Pigmentzellen (Chromatophoren) heben sich noch auf dem weissen Pigment scharf ab [3]).

In der Epidermis fehlen auch nicht die schon erwähnten Sinnesbecher [4]). Doch ist im Umfang der eigentlichen Warze die Zahl derselben gar nicht gross, während sie an ihrem Fusse, sowie an den Schnauzenschildern recht zahlreich werden.

Die homogene Cuticula ist von der feinen Sculptur überzogen, wie sie auf der übrigen Rückenfläche des Thiers vorkommt. Und während wieder diese scharfen netzförmig verbundenen Leisten sich nach der Längsachse auf der Oberfläche der schuppigen Abgrenzungen verbreiten, so begegnen wir der einfach höckerigen Sculptur in den Zwischenräumen.

Das was in Gegenwärtigem über den Bau des „Schnauzenhorns" der Sandviper dargelegt wurde, setzt uns in den Stand, die Frage, bei welcher Gruppe von Organen dasselbe unterzubringen sei, zu beantworten. Die Warze zeigt die meiste Verwandtschaft zu den erectilen Fleischtrotteln am Kopfe hühnerartiger Vögel, sowie zu dem Schwellkörper im Begattungsgliede der Eidechsen. Ueber den Bau des Hahnenkammes habe ich nach eigenen Untersuchungen in meiner Histologie [5]) berichtet, nur fand ich damals keine Arteriae

1) Fig. 6, c.

2) Zur Kenntniss d. Sinnesorgane der Schlangen. Arch. f. mikrosk. Anatomie, 1872.

3) Vergl. Fig. 6.

4) Fig. 8.

5) S. 81. Dort wird S. 82 auch bemerkt, dass ich in der entsprechenden

helicinae, die offenbar das Homologon der obigen Glomeruli wären. Ueber die Zusammensetzung der Schwellkörper der Eidechsen habe ich mich vor Kurzem geäussert [1]).

Ich habe noch nicht Gelegenheit gehabt, die lebende Sandviper etwa im Terrarium beobachten zu können; nach dem anatomischen Bau darf man aber erwarten, dass die Warze die Fähigkeit des An- und Abschwellens ebenso gut besitzen wird, wie die Caruncula des Truthahnes.

Das Horn der Vipera ammodytes wurde bisher von Andern nur mit freiem Auge untersucht; doch haben Alle, welche näher zusahen, wohl bemerkt, dass es eine weiche Warze oder Spitze, aber kein eigentliches Horn sei.

Schon Matthiolus [2]) im Jahr 1558 sagt: ultimo rostro superiori parte eminentiam quandam habet acutae verrucae similem.

Bei Linné [3]), welcher von unserm Thier eine Originalzeichnung geben liess, heisst es: Rostrum instar coni erectum, duas lineas altum, cornu-forme, verum non cornea sed carnea materia constans, retrorsum ad caput mobile, squamulis minutissimis. Wenn wir das Wort „Fleisch" nicht im engeren Sinn nur für Muskeln gebrauchen, sondern allgemein auf weiche Theile des Körpers, welche nicht drüsiger Art sind, beziehen, so ist die Natur des fraglichen Gebildes damit richtig bezeichnet.

Von den Späteren, welche das Thier selbst untersuchten, möchte ich noch besonders auf Frivaldszky [4]) hinweisen; auch er vermeidet nicht blos den Ausdruck Horn (cornu) und nennt den Theil „veruca conica", sondern er setzt auch weiter bei: „est autem haec duplicatura integumentorum, squamulis minutis vestita."

Wagler [5]) denkt ebenfalls nicht an Horngewebe, wenn er den „Nasenaufsatz der Nasenvipern" mit den „fleischigen Hörnern der

---

Fleischtrottel, welche beim Puter (Meleagris gallopavo) an der Schnabelwurzel und an der Kehle herabhängt, ein dichtes Geflecht von glatten Muskeln wahrgenommen habe; die Nerven seien gleichfalls stark und zahlreich.

1) Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier, S. 144 ff.

2) Commentarii in libros VI Dioscoridis. Venetiis. MDLVIII. p. 769.

3) Amoenit. acad. I. (Surinamensia Grilliana, Appendix, p. 506).

4) Monographia serpentum Hungariae, Pestini, 1825.

5) Natürliches System d. Amphibien. 1830, S. 268.

Garten- und Wegschnecken" vergleicht; wobei er freilich die ungegründete Vermuthung ausspricht, dass sie „vielleicht ebenso wie diese in sich hinein zurückgezogen werden können." Aber zu seiner Frage: „sollten zu ihnen wie zu den in ihrer Verrichtung gewiss analogen Bartfäden mancher Fische einige Nervenfäden des fünften Paares gelangen?" liegt in meinen obigen Beobachtungen die Bestätigung. — Dazwischen gibt es freilich auch Autoren, welche die Sache weniger genau nehmen und den Ausdruck „Nasenhorn" nicht blos anwenden, sondern auch wirkliche Hornsubstanz darunter zu begreifen scheinen.

Man kennt noch einige andere Schlangen, deren Nasenspitze in eine Art Rüssel ausläuft: so z. B. Arten von Dryiophis, am auffallendsten bei Dr. Langaha in Schlegel's Werk: Abbildungen neuer oder unvollständig bekannter Amphibien, 1837—44. Noch merkwürdiger ist die ebendaselbst von neuem veranschaulichte Homalopsis herpeton, welche zwei weiche beschuppte Anhänge an den beiden Seiten des Rüssels besitzt. Es steht zu vermuthen, dass der histologische Bau all dieser Theile mit dem oben von Vipera ammodytes besprochenen übereinstimmt. Ob auch die Hörnchen über dem Auge von Vipera cornuta und Vipera cerastes von gleicher Natur sind, ist mir einstweilen unwahrscheinlich. Heusinger[1]), welcher sie untersucht haben mag, stellt sie zu den eigentlichen „Hörner- und Nagelgebilden" und vergleicht ihren Bau dem „der hohlen Hörner der Säugethiere". Ich hoffe bald in die Lage zu kommen, diese Gebilde, welche, obschon an sich unbedeutend, doch das Alterthum mannichfach beschäftigt haben, selber prüfen zu können.

1) System d. Histologie. 2. Heft. 1823, S. 223.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXXII.

Fig. 1. Hautschnitt von Tropidonotus natrix, stark vergrössert.
a Epidermis, die Cuticula ist weggelassen,
b Lage des weisslichen Pigmentes,
c das dunkle Pigment, links davon die leeren Bindegewebskörper, a und b zusammen entsprechen der oberen lockeren Grenzschicht der Lederhaut,
d die derben wagrechten Lagen der Lederhaut,
e untere lockere Schicht der Lederhaut, nach oben säulenartig verbunden mit der oberen Grenzschicht und nach unten ausgehend in
f die Schicht der Lymphräume; in diesen sieht man auch den Durchschnitt einer Arterie, Vene und eines Nerven.

Fig. 2. Ein einzelner Chromatophor, ebendaher.
a Linie des »Bindegewebskörperchens«,
b Körper der membranlosen eigentlichen Pigmentzelle.

Fig. 3. Querschnitt durch eine Rückenschuppe von Tropidonotus natrix, mässig vergrössert:
a sich abhebende Hornschicht nebst Cuticula,
b neue Hornschicht,
c Schleimschicht der Epidermis,
d weissliche Pigmentschicht der Lederhaut,
e dunkle Pigmentschicht,
f zur Schuppe verdickte Partie der Lederhaut,
g Schicht der Lymphräume; durch sie hindurch treten neben einander eine Arterie nebst Vene und Nerv.

Fig. 3a. Epidermiszellen vom Bauch des Tropidonotus tessellatus, welche sich in Leisten — bei der Seitenansicht in Borsten — erheben.

Fig. 3b. Ein Stückchen Schuppenepidermis von Tropidonotus natrix, theils in der Flächenansicht, theils im Durchschnitt.

Fig. 4. Ein Stück abgelöster Cuticula, zeigt die höckerige Sculptur, starke Vergrösserung.

Fig. 5. Längsschnitt durch eine Rückenschuppe von Vipera ammodytes, mässig vergrössert:
a sich abhebende Hornschicht, an ihrer Unterfläche die zelligen amyloiden Gebilde,
b Schleimschicht der Epidermis,
c weissliche Pigmentlage der Lederhaut,
d dunkle Pigmentschicht,
e zur Schuppe sich erhebender Theil der Lederhaut,
f Nerven, welche in die Lederhaut aufsteigend gegen die Spitze der Schuppe vordringen.

Fig. 6. Längsschnitt durch die Schnauzenwarze der Vipera ammodytes, gering vergrösssert.
a Epidermis,
b Lederhaut,
c Schwellkörper, mit seinen Bluträumen,
d ein Gefässknäuel, vergleichbar den Arteriae helicinae und in einen der Bluträume vorspringend,
e Nerven.

Fig. 7. Ein Stück des Schwellkörpers, stark vergrössert, um seine feinere Zusammensetzung zu zeigen:
a Capillargefäss erweitert sich zu
b einem grösseren Blutraum,
c Bindegewebe in verschiedener Ansicht seiner Bündel und der „Spiralfasern" oder elastischen Netze,
d glatte Muskeln, d1 im Querschnitt scheinbar ein Epithel der Bluträume vorstellend.

Fig. 8. Ein Sinnesbecher von der Haut der Schnauzenwarze desselben Thieres, stark vergrössert:
a Cuticula und Hornschicht der Epidermis,
b die äusseren Zellen des Sinnesbechers,
c Nerv.

Fig. 9. Hornschuppe des Rückens von Tropidonotus natrix.
Fig. 10. Dieselbe von Tropidonotus tessellatus.
Fig. 11. Dieselbe von Coluber (Elaphis) viridiflavus.
Fig. 12. Dieselbe von Coluber (Elaphis) viridiflavus, var. carbonarius.
Fig. 13. Dieselbe von Coluber (Zamenis) flavescens.
Fig. 14. Dieselbe von Coronella laevis.
Fig. 15. Dieselbe von Vipera (Pelias) berus.
Fig. 16. Dieselbe von Vipera aspis.
Fig. 17. Dieselbe von Vipera ammodytes.
Fig. 18. Sculptur der Hornschuppe von Tropidonotus natrix.
Fig. 19. Ebenso von Tropidonotus tessellatus.
Fig. 20. Ebenso von Coluber (Elaphis) viridiflavus.
Fig. 21. Ebenso von Coluber (Elaphis) viridiflavus, var. carbonarius.
Fig. 22. Ebenso von Coluber (Zamenis) flavescens.
Fig. 23. Ebenso von Coronella laevis.
Fig. 24. Ebenso von Vipera (Pelias) berus.
Fig. 25. Ebenso von Vipera aspis.
Fig. 26. Ebenso von Vipera ammodytes (Fig. 9 bis Fig. 17 sind unter geringer Vergrösserung dargestellt, Fig. 18 bis Fig. 26 unter starker und beidemal in gleicher Vergrösserung).
Fig. 27. Amyloide zellenähnliche Körper unter der Cuticula von Vipera berus in theils frischem Zustande, theils nach Einwirkung von Weingeist.

Fig. 28. Freies Ende einer Schuppe von Coluber viridiflavus, var. carbonarius, ohne die Cuticula:
a die hellen Flecken, welche die Stelle von Sinnesorganen andeuten, b Blutcapillaren.

Fig. 29. Cuticula gerade über einem der hellen Flecke der vorigen Figur. Man sieht, wie sie ihre Sculptur verliert und glatt wird.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

I. Cuticula 754
1. Streifige Sculptur und ihre Abänderung 754
2. Gewisse Farben abhängig von den streifigen Sculpturen . . . 760
3. Höckerige Sculptur 760
4. Entwickelung der streifigen Sculptur. 761
5. Sculptur der Saurier. 761
6. Bedeutung der Sculptur für die Systematik 762
7. Einfluss der Cuticula auf die Häutung 763
II. Zellige Oberhaut, Epidermis 764
1. Bau im Allgemeinen 764
2. Becherförmige Sinnesorgane und ihre Verbreitung. 766
3. Eine andere Form von Sinnesorganen 767
III. Lederhaut, Corium. 769
1. Schuppen im Allgemeinen 769
2. Bindegewebe 770
3. Pigment 774
4. Nerven 779
5. Lymphdrüsige Masse. 780
IV. Historisches 781
V. Das Horn der Sandviper 787

Zur Kritik der Untersuchungen Schöbl's über die Haare.

Von

Ludwig Stieda.

Meinen gegen die Resultate der Untersuchungen Schöbl's in Betreff der Haare gerichteten Angriff (dieses Archiv Bd. VIII S. 274—278) haben sowohl Schöbl (d. Archiv Bd. VIII S. 654—659) als auch Boll (Medicinisches Centralblatt 1872 Nr. 44) beantwortet. In Folge dieser Antworten, insbesondere aber in Folge der neueren Arbeiten Schöbl's sehe ich mich zu weiteren kritischen Bemerkungen veranlasst.

In meinem Angriff auf Schöbl's angebliche „Terminalkörperchen" hatte ich hervorgehoben, dass meiner Ansicht nach jene kleinen an der Haarwurzel der Mäuse und Fledermäuse befindlichen Körperchen nichts weiter als Haarkeime seien, als aus Zellen gebildete Fortsätze der Haarscheide, dazu bestimmt zu einem Ersatzhaar zu werden. Diesem gegenüber schreibt Schöbl, dass er die Verlängerungen oder Fortsätze des „Wurzelzellkörpers" der Haare wohl kenne, dass aber dieselben mit seinen Nervenringen und Nervenknäueln nichts zu thun hätten; ferner hält er fest an seiner früheren Aussage, dass die Haare des Ohrs der Mäuse und Fledermäuse niemals eine Papille hätten.

Boll drückt sich in ähnlicher Weise aus, will die Fortsätze der Haarwurzel und die Terminalkörperchen auseinandergehalten haben und meint deshalb, meine Polemik gegen die Terminalkörperchen beruhe auf einem Missverständniss; er hält in gewissem Sinne das Resultat Schöbl's aufrecht. Nur in einem mir sehr wichtig erscheinenden Punkt unterscheidet sich die Aussage Boll's von

derjenigen Schöbl's. Gegenüber dem von Schöbl behaupteten Mangel einer Papille an den Haaren des Mäuseohrs, sagt Boll: „Diese Nervenendigung ist bei allen Haaren des Mäuseohres vorhanden, mögen dieselben einen zelligen Fortsatz (Schöbl, Haarkeim Stieda) und keine Haarpapille oder eine offene Haarzwiebel und eine deutliche Haarpapille besitzen."

Diesen Entgegnungen gegenüber halte ich meine frühere Aussage aufrecht. —

Schöbl bringt aber in seinen nachfolgenden Arbeiten neue Resultate und neue Deutungen der thatsächlichen Verhältnisse, mit welchen ich ebensowenig einverstanden bin wie mit seinen früheren.

In seinem Aufsatz „das äussere Ohr des Igels als Tastorgan" (d. Archiv Bd. VIII S. 295—316) beschreibt Schöbl auch die Haare. Er sagt: „Am untern verschmälerten Ende des elliptischen Zellkörpers befindet sich ein knopfförmiger rundlich-ovaler Anhang, der zugleich den Haarbalg nach abwärts abschliesst. Er enthält keinerlei Zellen und besteht blos aus schlingenförmigen Umbeugungen der obengenannten Nerven. — Ich nenne dieses ovale Gebilde Nervenknäuel" — „noch viel weniger kann von einer Haarpapille die Rede sein, da die Haarwurzel zerfasert zwischen den Zellen des Zellkörpers endend gar nicht vorhanden ist." Schöbl hat hier den Ausdruck Terminalkörperchen aufgegeben und braucht dafür Nervenknäuel — auf den Ausdruck kommt es nicht an, wohl aber auf die Bedeutung. Ich behaupte nun in Betreff dieser Resultate Schöbl's, wie früher: Schöbl's Deutung ist unrichtig. Er hat ein ausgewachsenes Haar mit geschlossener, solider Haarwurzel (Haarkolben) vor sich und der unter dem Haar anhängende Fortsatz (Schöbl's Nervenknäuel) ist ein Haarkeim. Ein specielleres Eingehen auf die Abhandlung Schöbl's finde ich nicht nothwendig.

Es ist mir aus den Zeitschriften keine den Resultaten Schöbl's beistimmende Mittheilung (abgesehen von der Boll's) bekannt geworden, wohl aber gegen Schöbl gerichtete. Es mag mir daher gestattet sein, hier auf dieselbe zu verweisen, umsomehr da Schöbl sie nicht zu kennen scheint.

Jobert (l'Institut journal universel de science I. Section Nr. 1947 Mercredi 21 Fevrier 1872 — Recherches sur les poils du tact etc.) sagt in Betreff der Arbeit Schöbl's: „J'ai pu depuis me procurer ce mémoire, et, après avoir essayé de vérifier les résultats qui y sont indiqués, je ne puis que les combattre et les con-

sidérer, en ce qui concerne les rapports des nerfs et des poils, comme complétement erronés. L'auteur allemand — n'etait point maître en microscope, a oublié de faire mention dans son mémoire de la papille nourricière des poils." So geht es weiter fort; zum Schluss: „Du reste, je terminerai cette discussion en imitant Sir Lyonel Beale, qui dans une des séances de Janvier de la Societé de la microscopie de Londres, mettait l'auteur allemand au défi de montrer les dispositions nerveuses, qu'il avait signalées en connexion avec les capillaires. — Jamais M. Schöbl ne pourra montrer des tubes nerveux là ou il les a figurés, car en ce point se trouve la papille du poil, de l'existence de laquelle il ne parait même pas se douter." — Jobert hat die Ergebnisse seiner Forschungen später ausführlich veröffentlicht: Etudes d'anatoiem comparée sur les organes du toucher chez divers Mammifères, Oiseaux, Poissons et Insectes. (Annales des Sciences naturelles V. serie Zoologie Tome XVI Art. Nr. 5 publié le 1. aout 1872.) Der zweite Abschnitt dieser Abhandlung bespricht die Tasthaare und polemisirt gegen Schöbl; ich hebe hier daraus nur hervor, dass Jobert ausdrücklich auf die Existenz einer Haarpapille, welche Schöbl leugnete, hinweist. Im Uebrigen empfehle ich den Aufsatz zur Lectüre und zum Studium.

Schöbl hat unterdess seine Untersuchungen eifrig fortgesetzt: das mir eben zugegangene Heft des IX Bandes dieses Archivs enthält Seite 197—220 eine neue durch zwei Tafeln geschmückte Abhandlung: „Ueber die Nervenendigungen der Tasthaare der Säugethiere, sowie über die feinere Structur derselben." Schöbl geht hierin auf meine Einwürfe gar nicht mehr ein und äussert „meine Entgegnung erschien in demselben Bande S. 654, weshalb ich den Gegenstand hier mit Stillschweigen übergehe." Allein — der tannenzapfenartige Fortsatz Schöbl's (Haarkeim nach meiner Ansicht) wird immer noch beschrieben und abgebildet, aber nicht mehr als Terminalkörperchen, auch nicht als Nervenknäuel aufgefasst, sondern erhält eine andere Deutung, welcher ich ebenfalls nicht beistimmen kann. Ich muss zu diesem Behuf näher auf die Mittheilung Schöbl's eingehen.

Schöbl untersucht vor allem den Igel, welchen er ein „gradezu classisches Thier" nennt. „Der Igel" — heisst es — „ist nämlich das einzige Thier von allen, welche ich kenne, bei welchem sämmtliche Haare der Schnauze Tasthaare sind." Hiergegen muss

ich gleich Protest einlegen, indem ich behaupte, dass an der Schnauze des Igels zweierlei Haare vorkommen: gewöhnliche Haare und Tasthaare. Mit dem Ausdruck Tasthaare dürfen nur die durch den bekannten Blutsinus (cavernösen Körper) ausgezeichneten Haare bezeichnet werden und Schöbl hat nimmermehr Recht, irgend welche (gewöhnliche) Haare als Tasthaare zu bezeichnen. Schöbl sagt weiter, dass die bisher von ihm beschriebenen Tasthaare (in der Flughaut der Fledermäuse — an dem äussern Ohre der Maus und des Igels) in Bezug auf den Bau der Haarwurzel von der gewöhnlichen Haarform ganz abweichen. Er schreibt dann: „Am untersten Theil des Haarschaftes theilen sich nämlich die Haarzellen der Corticalsubstanz in einzelne Bündel, welche dann strahlig besenförmig nach allen Seiten auseinander fahren, wobei die einzelnen Faserzellen ganz allmählig an Länge abnehmen, an Dicke dagegen zunehmen, bis sie sich endlich in länglich polygonale kernhaltige Zellen umwandeln, welche bis gegen die Peripherie die strahlige Richtung der besenförmig auseinanderfahrenden Faserbündel des Haarschaftes einhalten und zusammengenommen einen bald ovalen, bald mehr conischen, bald länglichen soliden Zellkörper darstellen, welcher — unmittelbar mit der Malpighischen Schicht im Zusammenhang steht.“ Er nennt solche Haare: „Haare mit Wurzelzellkörperchen — zum Unterschied von der gewöhnlichen Haarform mit Haarzwiebel und entwickelter Wurzelscheide.“ Obgleich Schöbl nur den von Henle aufgestellten (und durch mich bestätigten) Unterschied zwischen den beiden Formen der Haarwurzel kennt und citirt, so geht er trotz meines früheren Hinweises auf meine Abhandlung „Ueber den Haarwechsel (Reichels-Archiv 1867 S. 517—541) nicht ein, sondern schliesst: „Diese beiden Formen der Haarwurzel, wie sie Henle aufstellt, als Entwickelungszustände desselben Haares, mögen wohl für die Haare des Menschen und für viele andre Haare, vielleicht für die meisten ganz richtig sein, für alle passen sie jedoch in der Weise, wie sie von Henle präcisirt werden, durchaus nicht. Am allerwenigsten kann ich sie für die von mir beschriebenen Tasthaarformen beibehalten.“ Als Gründe für diese Ansicht führt Schöbl an: erstens den Mangel einer Papille; zweitens das gleichzeitige Vorkommen eines Wurzelzellkörpers und einer Papille und drittens das bisherige Schweigen der Autoren über den „Wurzelzellkörper bei seiner geschlossenen Haarform.“ Alle drei Gründe sind nicht stichhaltig: Dem ersten negativen

Befunde Schöbl's stehen gegenüber die positiven Angaben über die Existenz einer Papille (Boll, Jobert, Stieda). Das gleichzeitige Vorkommen des „Wurzelkörpers" und einer Papille repräsentirt beim Haarwechsel dasjenige Stadium, in welchem sich unterhalb des bereits ausgewachsenen alten Haares aus dem Haarkeim ein neues Haar auf einer neuen Papille zu bilden beginnt. Dass drittens Schöbl's Wurzelkörper bisher nicht erwähnt ist, ist nicht richtig, ich habe denselben bereits vor Jahren in der citirten Abhandlung über den Haarwechsel beschrieben und abgebildet. —

Nun aber ereignet sich bei Schöbl noch Folgendes: Das „Terminalkörperchen" des Mäusehaares, welches am Igelohr bereits zu einem „Nervenknäuel" wurde, ist jetzt — verschwunden. Schöbl schreibt: „Diese Annahme (von dem schlingenförmigen Umbiegen der Nervenfasern unter dem Wurzelkörper) muss ich zurücknehmen; sie ist aus einer Verwechselung hervorgezogen mit Faser" u. s. w. — Statt dessen beschreibt er unterhalb der Einmündung der Talgdrüsen einen „Nervenring."

Im weitern Verlauf seiner Abhandlung schildert Schöbl seine vermeintlichen verschiedenen Formen der Tasthaare, der gewöhnlichen Haare und der wirklichen Tasthaare mit besonderer Berücksichtigung ihres verschieden gestalteten „Wurzelkörpers," der Abwesenheit oder Anwesenheit einer Haarpapille. Er kommt dann zu folgenden Schlusssätzen:

„Es giebt allmählige Uebergangsformen der kleinen Tasthaare ohne cavernösen Körper zu den grössern, welche diese Gebilde besitzen."

„Desgleichen giebt es allmählige Uebergangsformen von den grossen Tasthaaren der ersten Grundform (mit kolbenförmiger Haarwurzel oder den Wurzelzellkörpern) zu jener, welche die gewöhnliche Haarform, die eine offene Haarwurzel und eine Haarpapille besitzen."

Die Möglichkeit von Uebergangsformen gewöhnlicher Haare zu den sogenannten Tasthaaren (mit carvernösem Körper) kann a priori nicht geleugnet werden, wenngleich ich auf Grund eigener Untersuchungen vorläufig die beiden Formen zu trennen wünsche.

In Betreff der zweiten Schlussfolgerung Schöbl's dagegen stelle ich folgende bereits im Eingang berührte Thesen auf:

Die von Schöbl als verschiedene Kategorien der wirklichen Tasthaare aufgeführten Formen sind nur die verschiedenen

Stadien, welche beim Wechsel der Haare sich beobachten lassen. — Ich habe in meiner früheren Abhandlung, zu deren Citation ich mich genöthigt sehe, nur von Haaren im Allgemeinen gesprochen — die Bildung und der Ersatz der gewöhnlichen Haare und der Tasthaare geht in gleicher Weise vor sich.

Ich bin am Schlusse meiner Kritik: Ich griff zuerst jenen tannenzapfenartigen Fortsatz an der Haarwurzel der Mäuse an, welchen Schöbl Terminalkörperchen nannte — das Terminalkörperchen wurde darauf bei Schöbl zu einem Nervenknäuel; endlich verschwand auch der Nervenknäuel und statt dessen ist nur die Rede von einem Wurzelkörper, welcher von einem Nervenring umsponnen wird. In Hinsicht der Wandlung, welche Schöbl's Angaben allmählig durch ihn selbst erlebt haben, gebe ich mich der Hoffnung hin, dass Schöbl nach nochmaliger Prüfung seiner eigenen Präparate in den bisher zwischen uns differenten Punkten mir beistimmen wird und empfehle ich das Studium des Haarwechsels ihm aufs Angelegentlichste.

Dorpat, Ende März 1872.

Mikrographische Mittheilungen.

Von

Professor **Dr. Leopold Dippel.**

Im Anschlusse an meine Mittheilungen in dem 5. Bande des Archivs (Seite 281) gestatte ich mir in dem Folgenden über eine Reihe neuerer, mir aus eigener Anschauung bekannt gewordener Leistungen unserer vaterländischen Optiker zu berichten, welche für die Leser nicht ohne Interesse sein dürften.

Zunächst wende ich mich den neueren Erzeugnissen des altbekannten optischen Instituts von F. W. Schieck in Berlin zu, dessen Begründer im Monate März des Jahres 1870 verstorben ist. Seitdem hat der Sohn des Verstorbenen, welcher bei dem Vater einen guten Grund gelegt und sich dann in den besten englischen Werkstätten und bei Hartnack weiter herangebildet hatte, die Leitung des Instituts übernommen.

Die aus der Schieck'schen Werkstätte in neuerer Zeit hervorgegangenen Stative haben sich den altbewährten Ruf tadelloser und eleganter mechanischer Arbeit bewahrt. Sie haben zugleich, indem sie sich in dem Bau im Wesentlichen den Hartnack'schen Modellen anschliessen, eine für den praktischen Miskroskopiker weit bequemere und handlichere Gestalt erlangt, als dies bei den älteren hohen Stativen der Fall war. Dass bei den grösseren Modellen die grobe Einstellung durch Zahn und Trieb beibehalten ist, betrachte ich nach meinen Erfahrungen zum mindesten als eine grosse Annehmlichkeit.

Die Mannigfaltigkeit in Form und mechanischer Ausstattung der verschiedenen Modelle gestattet jeglichem Bedürfnisse und den verschiedensten Verhältnissen gerecht zu werden. Namentlich erscheinen mir das kleine Modell F, ebenso die Stative G und H, für die Zwecke des Studirenden, des praktischen Arztes u. s. w. als von vorzüglicher Brauchbarkeit.

Welche bedeutende Fortschritte Schieck in der neuesten Zeit bezüglich der Leistungsfähigkeit des optischen Apparates seiner Mikroskope gemacht hat, davon konnte ich mich an einer Anzahl

von Objectivsystemen überzeugen, welche derselbe so freundlich war, mir zu eingehender Prüfung zu übersenden. Es waren dies die Nummern 1—10.

Die schwächeren Systeme Nr. 1—3 mit einer bezüglichen Brennweite von 54, 27 und 20 Mm. geben ein recht scharfes, reines Bild und dürfen mit allen gleichstarken Systemen der Gegenwart völlig in gleiche Linie gestellt werden. Ich glaube mich desshalb und weil diese schwachen Systeme zumeist ziemlich allseitig den an sie gestellten Anforderungen entsprechend geliefert werden, einer Einzelbesprechung derselben entschlagen zu dürfen und gehe gleich zu den höheren Nummern über.

Das System Nr. 4 hat eine Brennweite von etwa 12 Mm. und offenbart für diese Stärke eine schon ziemlich weit gehende lösende Kraft. Schon bei geradem Lichte treten bei Anwendung starker Oculare die scheinbaren Querstreifen von dem in Balsam liegenden Pleurosigma balticum und attenuatum hervor und erscheinen bei Gebrauch von mässig schiefer Beleuchtung schön und scharf ausgeprägt. Die Zeichnung organischer Objecte bei centrischer Beleuchtung ist scharf und correct; nur erscheinen das Gesichtsfeld und damit das Stärkekorn, der Pinusschnitt und andere organische Objecte durch ihre ganze Masse etwas gelb gefärbt, eine Eigenschaft, welche das System mit vielen gleichstarken anderer Werkstätten theilt. Ein — bei schöner Zeichnung organischer Objecte — verhältnissmässig weitgehendes Auflösungsvermögen besitzt das System Nr. 5 von circa 6 Mm. Brennweite. Bei centrischer Spiegelstellung erscheint die schachbrettförmige Zeichnung des in Balsam liegenden Pleurosigma attenuatum recht schön; darüber hinaus werden unter Anwendung starker und scharfer Oculare Synedra fulgens und Grammatophora serpentina ferner Nitzschia amphyoxis der Möller'schen Probeplatte gelöst. Bei schiefer Beleuchtung und Anwendung schwächerer Oculare erscheint die Zeichnung von Pleurosigma angulatum in der bekannten Form sich durchkreuzender Liniensysteme, während starke Oculare eine mehr sechseckige Felderung erkennen lassen. Die gelbe Färbung hat sich dabei bereits sehr vermindert. System 7 mit einer Brennweite von 4 Mm. ist geeignet, schon weiter gehenden Forderungen zu genügen. Die Bilder organischer Objecte sind scharf und bestimmt gezeichnet und dabei fast völlig frei von gelber Färbung. Bei gerader Beleuchtung und gutem Lichte erscheint Pl. angulatum — wenn auch etwas verschleiert — sechseckig gefeldert, während auf Pleurosigma attenuatum und Gramma-

tophora marina [1]) (unter letzterer ist das neuerdings von Möller und Rodig ausgegebene, gröber gezeichnete Object, nicht die unter dem gleichen Namen früher von Bourgogne ausgegebene Art — mein „Mikroskop" Seite 129, Fig. 88 — zu verstehen. Diese dürfte höchst wahrscheinlich Gr. oceanica Sm. sein, mit welcher Gr. subtilissima, die als Form zu Gr. macilenta gehört, nicht identisch ist, wie mehrere Autoren anzunehmen geneigt sind) die schachbrettförmige Zeichnung gut erkennbar wird. Schiefe Spiegelstellung ermöglicht bei günstigem Lichte noch die Lösung von Gr. subtilissima. Es erscheinen jedoch bei dieser Beleuchtungsweise die Objecte stark gefärbt und das Bild, welches nicht über die ganze Schale gleich deutlich hervortritt, gleichsam über jenem schwebend und etwas verschleiert, so dass es einige Mühe kostet, die schachbrettförmige Zeichnung mit Sicherheit zu erkennen.

Die beiden Immersions- und Correctionssysteme No. 9 und 10 von etwa gleicher Stärke wie die entsprechenden Nummern Hartnack's bilden zwei Gläser von im Ganzen vorzüglicher Wirkung. Beide sind in Bezug auf die Leistungsfähigkeit im Allgemeinen einander ziemlich gleich. Doch wird das in meinen Händen gewesene stärkere System an Schönheit und Schärfe der Bilder, welche bei demselben etwas verschleiert erschienen, von dem schwächeren übertroffen. Für feinere histiologische Untersuchung bewähren sich beide recht gut und gewähren dieselben ein völlig ungefärbtes Bild organischer Präparate. Auch in Bezug auf das Auflösungsvermögen bei centrischer wie excentrischer Spiegelstellung, wobei im ersten Falle Pl. angulatum in Balsam, Grammatophora marina (Gr. oceanica Sm.) von Bourgogne sowie Navicula veneta, im andern die schwierigeren Probeobjecte mit Einschluss von Navicula crassinervis (Frustulia saxonica) gelöst erscheinen, können dieselben anderen gleichstarken Combinationen an die Seite gestellt werden. Die in

1) Dass ich die hier genannte Diatomee schon länger gekannt und deren Streifenzahl auf 16—18 in 00,1 Mm. angegeben habe, hat Herr Prof. Wiesner wohl nicht gewusst, als er seinen Aufsatz (Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. 63, 1. Abthlg.) schrieb. Die in meinem „Mikroskop" befindliche Angabe bezieht sich auf das Bourgogne'sche Präparat, bei welchem die dort angegebene Streifenzahl in der That vorhanden ist. Auf die übrigen Bemerkungen desselben in Bezug auf meine Darstellung der Probeobjecte einzugehen finde ich keine Veranlassung. Ich überlasse es getrost dem Urtheile unbefangener Beobachter, inwieweit meine Fig. 84—86 unter den gegebenen Umständen aus der Luft gezeichnet sind.

allerneuster Zeit von Schieck angefertigten sehr starken Objective Nr. 11—15, von 1,4; 1; 0,8; 0,65 und 0,5 Mm. Brennweite habe ich noch nicht kennen gelernt. Ich hoffe aber auch noch über eines und das andere dieser berichten zu können.

Meine Prüfungsresultate zusammenfassend kann ich sagen, dass das Schieck'sche Institut den in früheren Jahren behaupteten Platz in der ersten Reihe der deutschen Optiker sich wieder erobert hat und dass seine Leistungen, sowohl was den mechanischen, als den optischen Apparat der aus ihm hervorgehenden Mikroskope betrifft vollkommen auf der Höhe der Zeit stehen.

Das Kellner'sche Institut in Wetzlar, aus dem unter Belthles Leitung so treffliche Leistungen hervorgegangen waren, ist nach dem Ableben dieses Optikers an Herrn E. Leitz übergegangen, der es nicht an emsigstem Eifer fehlen lässt, um der Anstalt den frühern Ruf zu bewahren.

Die Stative neuster Construction haben gegen die älteren, in meinem „Mikroskop" beschriebenen Modellen verschiedene vortheilhafte Veränderungen erfahren. Das grosse Modell, Nr. I—III des Preisverzeichnisses, ein sehr solides Hufeisenstativ mit vorzüglicher grober Einstellung durch Zahn und Trieb hat ein ausziehbares Rohr erhalten und es ist die Drehung um die optische Achse (welche bei Nr. III fehlt) aus dem Fusse in den Tisch verlegt worden. Das mittlere Stativ Nr. IV, welches für die billigeren Mikroskope von 50—70 Thaler geliefert wird, ist bei etwas geringeren Dimensionen des Raumes zwischen Objecttisch und Fuss im Bau dem grossen ziemlich ähnlich. Die grobe Einstellung geschieht durch Verschiebung des nicht ausziehbaren Rohres und die Mikrometerschraube für die eine Bewegung wird je nach Wunsch des Bestellers unter oder über der Säule angebracht. Von den kleineren Modellen ist Nr. V ein recht praktisch und handlich gebautes Hufeisenstativ von solidem Stand, mit grossem Tisch, feiner Einstellung nach Gundlach und Schlittenvorrichtung für Cylinderblenden. Nr. VI ist etwas einfacher gebaut und ruht mit runden Säulen auf schwerem viereckigem Fusse. Statt der Cylinderblenden besitzt es die Drehscheibe. Auch das kleinste Stativ Nr. VII, für die billigsten Mikroskope von 15—20 Thaler bestimmt, ist mit Rücksicht auf seine Bestimmung musterhaft gebaut, indem es bei noch ansehnlich räumlichem Tisch die feine Einstellung an der Tubussäule bewahrt hat.

An gewöhnlichen Ocularen führt das Institut jetzt sechs Num-

mern W. 0—V, von denen I, III und V den älteren Nummern I, II und III entsprechen. Dazu kommen die orthoskopischen Oculare Nr. I—IV mit ihrem grossen Gesichtsfeld und in neuster Zeit die aus einem Stück geschliffenen Oculare I—III. Von diesen entspricht das erste in der Vergrösserung etwa der Nr. V der gewöhnlichen Oculare; Nr. II und III vergrössern dagegen das von dem Objectiv entworfene Bild das erstere etwa 25, das letztere 40 Mal. Die Arbeit an diesen Ocularen ist nach den in meinen Händen befindlichen Exemplaren so vorzüglich und der Lichtverlust so gering, dass sich dieselben, namentlich aber Nr. II, auch bei stärkeren Objectivsystemen noch recht gut verwenden lassen, bei gut construirten schwächern aber gewisse von deren Capacität umfasste Structurverhältnisse zur Anschauung bringen, auf deren klare Sichtbarmachung man anders hätte verzichten müssen.

Die Objectivsysteme sind durch die neuen Trockensysteme Nr. 1—9, von denen das stärkste auch mit Correctionsvorrichtung versehen wird, und durch drei Immersionssysteme Nr. 8, 9 und 10 mit Correctionseinrichtung vertreten.

Die ersteren, von denen die Nummern 3, 5, 7 und 9 den älteren Systemen 1, 2, 3 und 4 entsprechen, zeichnen sich auch jetzt noch durch ihre Billigkeit aus und geht das Streben des gegenwärtigen Leiters der Kellner'schen Werkstätte dahin, dieselben in ihrer Leistungsfähigkeit immer mehr zu vervollkommnen. Dass dieses Streben nicht ohne Erfolg geblieben ist, davon habe ich mich an mehreren Combinationen überzeugt. Dieselben können bei der correcten Zeichnung, welche sie bei gerader Beleuchtung gewähren, wenn sie auch an auflösendem Vermögen gegen andere Leistungen neuester Zeit noch etwas zurückstehen, dennoch bezüglich ihrer Anwendbarkeit für die weitaus grössere Mehrzahl histiologischer Untersuchungen mit Recht empfohlen werden. Ueber die Eintauchsysteme hoffe ich in nächster Zeit berichten zu können. Bisher hat mir nur Nr. 8 vorgelegen. Die Leistungen liessen für die stärkeren Systeme Gutes erwarten, ohne dass bei dem Mangel der Correctionsvorrichtung die volle Ausbeutung des auflösenden Vermögens und demgemäss eine scharfe Vergleichung mit anderen gleichstarken Combinationen möglich war.

Neben den alten bewährten Werkstätten zeichnet sich seit wenigen Jahren das Institut eines jüngeren Optikers, R. Winkel in Göttingen, durch wirklich hervorragende Leistungen aus.

Zuerst wurde von Professor Listing, an welchem der Praktiker

einen unschätzbaren Berather in theoretischer Richtung gefunden hat, auf denselben aufmerksam gemacht (in den Berichten der Göttinger gelehrten Gesellschaft); dann geschah auch in diesem Archiv von dessen bezüglichen Arbeiten verschiedentlich durch Professor Dr. Merkel Erwähnung.

Von Stativen, deren Preise besonders berechnet werden, fertigt Winkel sechs Nummern, welche den verschiedenartigsten Anforderungen zu entsprechen geeignet sind und deren mechanische Ausführung, soweit ich dieselbe an einem grössern und einem mittlern Instrument kennen gelernt habe, als eine vorzüglich schöne und solide bezeichnet werden darf. Das grösste Stativ Nr. 1 mit drehbarem Objecttische und einer der bei der folgenden Nr. beschriebenen gleichen Einstellungsvorrichtung wird mit 52 Thaler berechnet. Das Modell Nr. 2 (Hufeisenstativ) besitzt Drehung um die optische Achse und Schlittenvorrichtung mit Cylinderblenden. Die grobe Einstellung ist von eigenthümlicher Einrichtung, wodurch bei richtiger Wahl der für die Reibungsflächen verwendeten Metalle grosse Sicherheit und Sanftheit der Bewegung erzielt wird. In die äussere, rückwärts mit einem Spalte versehene Messinghülse, welche das Rohr trägt, ist eine zweite längere von hartem Rothguss genau eingepasst, so dass sich das Rohr ohne Spielraum sanft und leicht auf und ab bewegen lässt. Ein in dieser inneren Hülse sitzender Stahlzapfen hat seine Führung in dem Spalte der äusseren Hülse und es hängt an ihm eine Zugstange, deren anderes Ende an einem in der Drehscheibe befindlichen Zapfen befestigt ist. Diese Stange hebt und senkt bei entsprechender Drehung der Scheibe die Rothgusshülse und damit das mit ihr fest verbundene Rohr. Die feine Einstellung ist nach den Merz'schen Instrumenten construirt und zeichnet sich hier, wie bei den folgenden Instrumenten durch äusserst leichten und sichern Gang aus. Der Preis dieses Stativs beträgt 48 Thaler. Das Stativ No. 3 mit Hufeisenfuss besitzt einen für sich drehbaren Objecttisch mit Gradeintheilung und Nonius. Bei Beobachtungen in polarisirtem Lichte können so, da die Blendungsvorrichtung (Cylinderblendung) darart eingesetzt ist, dass sie an der Tischdrehung nicht theilnimmt, Object, Polarisator und Analysator unabhängig voneinander gedreht werden. Die grobe Einstellung geschieht hier, wie bei den folgenden Nummern durch Verschiebung des Rohres. Der Knopf für die feine Einstellung befindet sich über der Säule. Stativ Nr. 4 hat Aehnlichkeit mit dem bekannten mittlern Hufeisenstativ von Merz, zeichnet sich aber in

manchen Einzelheiten vor demselben aus. Der Träger des Tisches ist ausgeschnitten, so dass man weder bei Handhabung der nach unten verlegten Einstellschraube, noch bei der Bewegung des Spiegels, welcher in einem an dem Spiegelträger befindlichen Schlitz auf und ab beweglich ist, gehindert wird. Der Blendungsapparat besteht aus Schlittenvorrichtung mit Cylinderblenden. Hierdurch, wie durch die Grösse des Tisches (75 Mm. Seite) und die in jeder Beziehung solide und handliche Bauart dürfte sich dieses Stativ, welches zu 32 Thaler berechnet wird, ganz besonders als Arbeitsmikroskop für alle Diejenigen empfehlen, welche auf die Drehung um die optische Achse Verzicht leisten wollen. Die Bauart des mit Hufeisenfuss versehenen und zu 20 Thaler berechneten Stativs Nr. 5 ist gegen die des vorhergehenden insofern verschieden, als die Dimensionen etwas vermindert erscheinen und der mit Cylinderblenden versehene Blendungsapparat zur Seite gedreht wird, wenn die Tischöffnung für schiefes Licht frei gemacht oder jene gewechselt werden sollen. Das kleinste Stativ zu 11 Thaler besitzt einen runden Fuss und die feine Einstellung am Objecttische (nach H. v. Mohl). Als Blendungsvorrichtung dient eine mit vier Oeffnungen versehene Drehscheibe, welche etwa 1,75 Mm. tiefer liegt, als die Oberfläche der Tischplatte.

Um den wichtigsten Theil des Mikroskopes, den optischen Apparat, hat sich Winkel neben sorgfältiger Construction der Oculare namentlich durch seine verhältnissmässig sehr billigen (Nr. 1 und 2 à 6 Thlr.; 3 à 7 Thlr.; 4 à 9 Thlr.; 5 und 6 à 10 Thlr.; 7 à 12 Thlr.; 8 à 15 Thlr.; 9 mit Correction à 26 Thlr.) Objectivsysteme ein anzuerkennendes Verdienst erworben. Es lagen mir fast sämmtliche Nummern vor und sie haben die Probe glänzend bestanden. Im Allgemeinen kann ich, ehe ich zur näheren Besprechung der einzelnen Systeme übergehe, vorausschicken, dass dieselben sämmtlich im Vergleiche zu andern gleichstarken, ein hohes Auflösungsvermögen besitzenden Combinationen (mit Ausnahme derer von Zeiss), was Lichtstärke und Abstand betrifft, einen nicht hoch genug anzuschlagenden Vorsprung voraus haben.

Das schwache System 2 mit einer Brennweite von 18 Mm. besteht die Prüfung an den Schüppchen von Pieris brassicae und an dem Pinusschnitt, welcher nicht gerade stark aber doch etwas gelb gefärbt erscheint, recht gut und erweist sich als von so gutem Begrenzungsvermögen, dass noch sehr starke helostère Oculare vertragen werden. Bei centrischer Beleuchtung werden die Streifen der Navicula Lyra Ehrbg. der Möller'schen Probeplatte (mit

8--9 Streifen auf 0,01 Mm.) noch erkannt. Dagegen verträgt es nicht gut excentrisches Licht. System 4, dessen Brennweite 9,5 Mm. beträgt, gibt zwar noch ein wenig gelb gefärbte, aber sonst sehr schöne Bilder organischer Objecte. Bei geradem Lichte werden die scheinbaren Streifen von Pl. formosum sehr schön, jene von Hipparchia Janira und Pl. attenuatum gut gelöst, während schiefes Licht die Lösungsfähigkeit nicht sehr erhöht. Eine ausgezeichnet schöne Combination ist System 5 mit einer Brennweite von 6,2 Mm. Das Bild organischer Objecte ist selbst bei Anwendung starker Oculare scharf und fein gezeichnet und fast ohne Färbung der Masse. Bei gerade einfallendem Lichte erscheint die schachbrettförmige Felderung des Pl. attenuatum, was schon die prächtige Zeichnung von vornherein erwarten lässt, scharf und deutlich ausgeprägt. Grammatophora serpentina und Nitzschia amphyoxis zeigen die Streifen sehr deutlich. Durch excentrische Beleuchtung wird die Lösung des Pl. angulatum ohne Schwierigkeit erzielt und zwar erscheint die Zeichnung je nach Verwendung schwächerer oder stärkerer Oculare in Form von sich schneidendem Liniensystem oder von sechsseitiger Felderung; in beiden Fällen unter bläulicher, wenig störender Färbung, aber mit scharfer Ausprägung und ohne Verschleierung. Ueber das genannte Object hinaus erstreckt sich die Lösung auch auf die Gr. marina (Gr. oceanica Sm.). Die beiden Objective Nr. 7 und 8, von denen das erstere eine Brennweite von etwa 4 Mm., das andere von 3 Mm. besitzt, stehen sich in ihren Leistungen einander sehr nahe. Das begrenzende Vermögen ist bei ihnen ebenso vortrefflich entwickelt, wie bei den in meinem Besitze befindlichen in dieser Beziehung ausgezeichneten Systemen von Hartnack, Zeiss und Belthle, während die auflösende Kraft gesteigert erscheint. Bei centrischer Beleuchtung tritt die Zeichnung von Pl. angulatum trocken und in Balsam, mit Deutlichkeit hervor, während bei Verwendung excentrischen Lichtes die Querstreifen von Grammatophora subtilissima und Nitzschia sigmoidea mittelst der Nr. 8 auch die scheinbar wellenförmigen Querstreifen der Surirella Gemma sichtbar gemacht werden können.

Das bis jetzt stärkste Trockensystem 9 von 2 Mm. Brennweite und mit äusserst praktischer Correctionseinrichtung, bei welcher sich, ähnlich wie bei den Gundlach'schen Systemen, die hinteren Linsen gegen die vordere während Ausführung der Correction feststehende Linse bewegen, hat in Bezug auf seine Leistungsfähigkeit meine nach Kenntnissnahme der schwächeren Systeme schon ziemlich gesteigerte Erwartung weit übertroffen.

Für histiologische Arbeiten erweist sich dasselbe in Folge seiner wunderbar schönen, klaren Zeichnung sämmtlicher Structurverhältnisse, seines Verhaltens gegen die von mir für das Begrenzungsvermögen benutzten Probeobjecte, wie durch die Gestattung eines verhältnissmässig grossen Spielraumes der Deckglasdicken von unter 0,1—0,3 Mm. als ganz vorzüglich. An Auflösungsvermögen übertrifft es alle mir bis dahin bekannten trockenen Systeme von gleicher und auch von bedeutenderer Stärke. Bei centrischer Beleuchtung tritt die Zeichnung des Pl. angulatum trocken und in Balsam liegend, wie diejenige der Grammatophora oceanica Sm. (cv. marina Bourgogne's) recht schön hervor, während bei schiefem Lichte, soweit die bis jetzt bekannten natürlichen Probeobjecte ein Urtheil darüber gestatten, seine Leistungen hinter denen der mir bisher bekannten Immersionssysteme nicht zurückbleiben. Auch die feinsten Objecte werden unter Anwendung vorzüglicher, starker Oculare von demselben ohne grosse Schwierigkeit bewältigt. So erkennt man z. B. die scheinbaren Querstreifen der Navicula crassinervis (Frustulia saxonica) und Nitzschia curvula vollkommen gut und die Oberflächenstructur der Surirella Gemma, welche je nach der angewandten Vergrösserung, dem Wechsel der Beleuchtung u. s. w. das Bild von sich kreuzenden Quer-, Längs- und Schrägstreifen hervorrufen kann, zeigt sich als aus schachbrettartig mit einander abwechselnden, nach der einen Diagonale (parallel der Mittelrippe) stark in die Länge gezogenen hellen und dunkeln Rhomben gebildet [1]).

Wenn die in neuerer Zeit von Winkel in Angriff genommenen starken Eintauchsysteme in dem Masse an optischer Kraft fortschreiten, wie die letzten Nummern seiner Trockensysteme, dann dürfen wir wohl ganz Bedeutendes erwarten.

Von Carl Zeiss in Jena haben mir in neuster Zeit und nachdem die voranstehenden Beobachtungen bereits niedergeschrieben waren, sämmtliche Nummern der nach den Berechnungen des Herrn Professor Abbe ausgeführten neuen Objectivsysteme mit grösserem Oeffnungswinkel (neben denen auch die älteren Combinationen noch abgegeben werden) vorgelegen. Dieselben liefern, wie sich im Nach-

1) Auch das vielseitig besprochene Object Amphipleura pellucida zeigt äusserst feine Streifen, welche ich in der Oberflächenstructur begründet halte und nicht als falsche Streifen (Sullivant & Wormley) betrachten kann. Ich habe diese Streifen Herrn Dr. Pfeffer aus Marburg mit Nr. 9 gezeigt und auch Winkel hat sie später gesehen, ohne das Object zu kennen, um dessen Namen er mich gebeten.

stehenden zeigen wird, den Beweis, dass hier wiederum ein bedeutender Fortschritt dieser bewährten Werkstätte, deren ältere Systeme schon mit voller Berechtigung in die ersten Reihen der neueren Leistungen gestellt werden konnten, zu verzeichnen ist.

Das aus einer einfachen achromatischen Linse von (je nach Wunsch) 60, 48 oder 30 Mm. Brennweite bestehende System a ist zum Zeichnen bei sehr schwacher Vergrösserung bestimmt, und zeichnet sich dadurch aus, dass es nicht allzuweit von dem Object entfernt zu werden braucht und das Ocular demgemäss nicht höher zu stehen kömmt, als beim Gebrauch stärkerer Systeme.

Das System aa von 32 Mm. Aequivalentbrennweite und 20° Oeffnung zeichnet sich durch eine so vortreffliche Zeichnung der passenden Objecte aus, wie ich dieselbe bis jetzt von einem derartigen schwachen Systeme nicht in gleicher Vollkommenheit gesehen habe. Selbst das Netzwerk der primären Zellhüllen des Pinusschnittes tritt bei starker Ocularvergrösserung so scharf und klar hervor, wie man es nur bei stärkeren Systemen zu sehen gewohnt ist. Ebenso erkennt man die Querstreifen der Schüppchen von Pieris brassicae noch ganz deutlich.

Die Nr. AA mit 16 Mm. Brennweite und 33° Oeffnung bewährt sich wie durch Schönheit und Bestimmtheit der Zeichnung organischer Objecte, so durch entsprechend gesteigertes Auflösungsvermögen. Bei centraler Spiegelstellung erscheinen die Querstreifen von Navicula Lyra, wie die schiefen Streifensysteme von Pleurosigma formosum (in Balsam) klar ausgesprochen, während bei excentrischer Spiegelstellung Pleurosigma attenuatum noch eben zur Auflösung gelangt.

Eine für den praktischen Gebrauch höchst werthvolle Combination bildet System BB mit 10 Mm. Brennweite und 60° Oeffnung. Die Bilder organischer Objecte — auch solcher mit feiner Structur, geschichteter Zellhüllen, der Stärke, der quergestreiften Muskeln — sind vorzüglich correct und scharf gezeichnet und es werden sehr starke Oculare noch recht gut vertragen. Das Auflösungsvermögen ist dabei so hoch gesteigert, wie es bei der Stärke des Objectives und ohne andere, hier wichtigere Eigenschaften zu beeinträchtigen zulässig ist. Bei centraler Beleuchtung wird Pleurosigma attenuatum sehr schön, bei schiefer Beleuchtung Pleurosigma angulatum ausreichend schön gelöst.

Aehnliche Eigenschaften zeigt das Objectiv CC von 6,4 Mm. Brennweite und 90° Oeffnung. Das Auflösungsvermögen ist bei

demselben jedoch der grösseren Oeffnung entsprechend gesteigert, so dass bei centrischer Spiegelstellung Pleurosigma acuminatum der Möller'schen Probeplatte, bei schiefer Spiegelstellung Grammatophora marina (Pariser Präparat Gr. oceanica Sm.?) vollkommen gelöst erscheinen.

DD ist in der neuen Ausführung eine für die weitaus grössere Anzahl wissenschaftlicher Untersuchung ebenso brauchbare Combination, wie es das ältere ausgezeichnet schöne System D war. Zwar ist sie um etwas schwächer als dieses, da seine Aequivalentbrennweite jetzt 4,2 Mm. beträgt; aber das hier vorhandene vorzügliche Begrenzungsvermögen hat sie vollkommen bewahrt und die auflösende Kraft erscheint dem auf 100° vergrösserten Oeffnungswinkel entsprechend gesteigert. Bei gerader Beleuchtung tritt die Zeichnung auf der Schale von Pleurosigma angulatum deutlich hervor, während bei schiefem Lichteinfalle bei Nitzschia sigmoidea die Querstreifen scharf gezeichnet erkannt werden.

Die Systeme E und F, ersteres mit einer Brennweite von 2,8, letzteres von 1,8 Mm. und 105° Oeffnung stehen sich in ihren Leistungen annähernd gleich. Die Bilder organischer Objecte sind wunderschön gezeichnet und es vertragen beide Systeme noch sehr starke Ocularvergrösserung, ohne dass jene wesentlich beeinträchtigt werden. Bei centraler Stellung des Spiegels lösen beide Pleurosigma angulatum und die Grammatophora marina eines Pariser Präparates (F noch schöner als E), während bei schiefer Spiegelstellung auch hier die Lösung von Nitzschia sigmoidea die Grenze bildet.

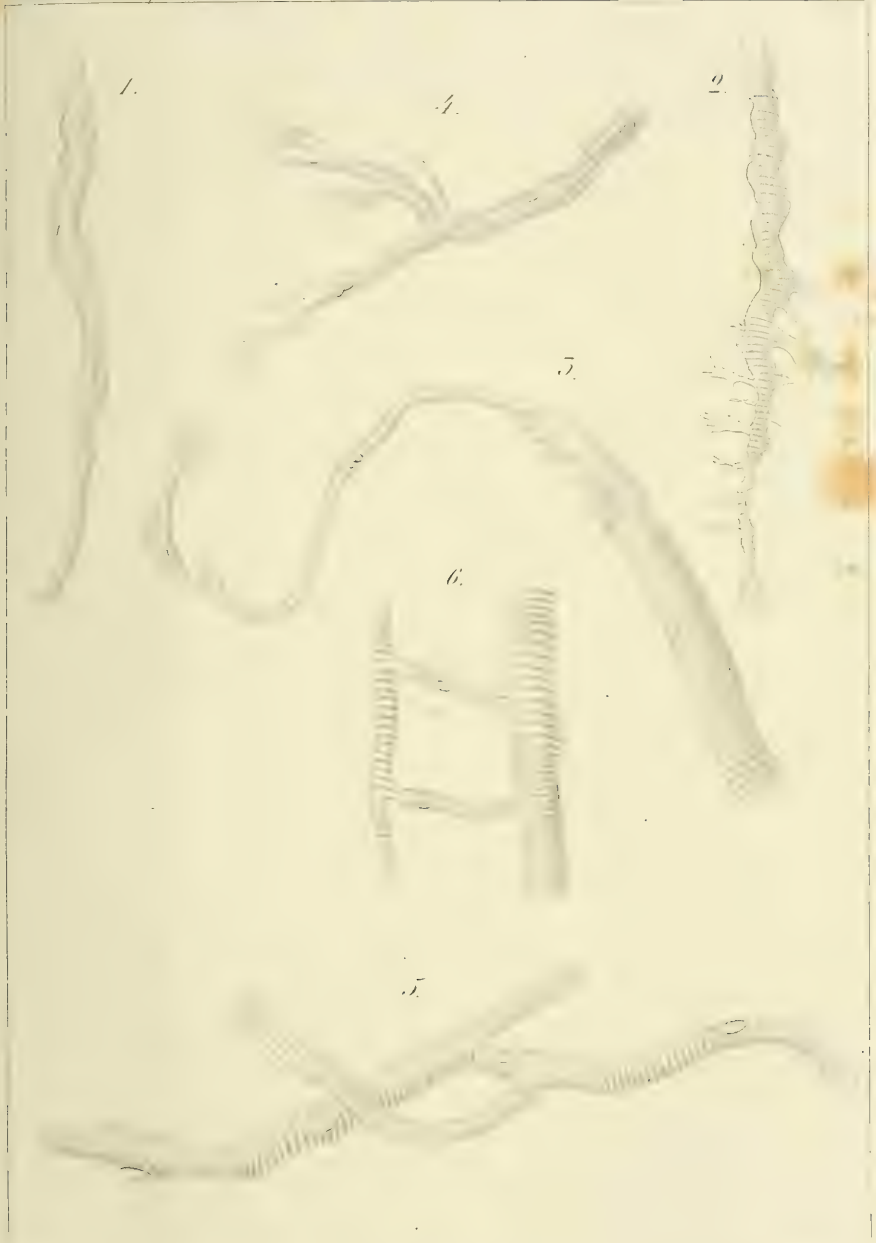
Als allen beobachteten Trockensystemen gemeinschaftliche Eigenschaften will ich noch folgende hervorheben. Bei gerader Beleuchtung ist die Farblosigkeit organischer Präparate vollkommener, als ich sie sonst wahrgenommen. Nur bei sehr starker Okularvergrösserung und nur bei den schwächsten Systemen tritt eine Spur gelber Färbung des Gesammtobjectes ein. Dann erscheinen die Grenzlinien feinerer Structurverhältnisse auch bei den schwächeren Nummern bei grosser Bestimmtheit und Schärfe möglichst fein gezogen. Endlich ragen sie in Bezug auf die Darstellung der Einzelheiten bei den Beobachtungen über Auflösung hervor. Wenn auch andere gleichstarke Systeme quantitativ Gleiches, selbst hie und da noch etwas mehr leisten, so habe ich doch die Schönheit der Zeichnung in Bezug auf Färbung, Auftreten von theilweiser Verschleierung, gleichzeitiges scharfes Hervortreten von Objectgrenze und Detail-

zeichnung (bei Bruchstücken von Diatomeenschalen z. B.) von anderen Objectiven — mit Ausnahme von Winkels IX — nicht ganz erreicht gesehen.

Von ganz ausgezeichneter Wirkung sind die drei Eintauchsysteme Nr. 1, 2 und 3 — letzteres mit Correctionseinrichtung — von je 3 Mm., 1,7 Mm. und 1 Mm. Aequivalentbrennweite und über 180° Oeffnung in Luft. Dieselben suchen in Bezug auf Abstand und Lichtstärke ihres Gleichen, während die Zeichnung der feinsten organischen Objecte (selbst bei starker Ocularvergrösserung) eine Schönheit und Schärfe besitzt, wie ich sie an den bisher durch meine Hände gegangenen Immersionssystemen in ganz gleichem Maasse nicht wiedergefunden habe. Die Abbildung äusserst zarter und gleichmässiger Querschnitte geschichteter Zellhüllen, der quergestreiften Muskelfasern, der Schüppchen von Vanessa cardui, namentlich aber auch der Schalen von Pleurosigma angulatum trocken und in Balsam legt davon sprechendes Zeugniss ab. Das Auflösungsvermögen ist soweit irgend möglich entwickelt und treten in Folge der eben geschilderten Eigenschaften die entsprechenden Zeichnungen auch bei den Objecten, welche an der Grenze des ersteren stehen, noch sehr scharf hervor. Bei centraler Spiegelstellung und unter vollständigem Ausschlusse abnormen Lichteinfalles von in der Umgebung des Mikroskopes befindlichen hellen Gegenständen, finde ich die Grenze des Auflösungsvermögens bei Nitzschia sigmoidea. Mittelst schiefen Lichteinfalles werden sämmtliche Objecte der Möller'schen Probeplatte, somit die schwierigsten der zur Zeit benutzten natürlichen Probeobjecte, ohne grosse Schwierigkeit gelöst. Nächstdem darf ich aber im Vergleiche zu früheren, mit anderen Systemen erlangten Resultaten nicht unterlassen zu bemerken, dass ich mittelst des Eintauchsystems Nr. 3 und ohne Anwendung der berührten Vorsichtsmassregeln, bei centraler Spiegelstellung noch die schachbrettartige Zeichnung auf Grammatophora subtilissima und Surirella Gemma, wie die scheinbaren Querstreifen auf Navicula crassinervis (Frustulia saxonica) nicht allein selbst gesehen, sondern auch von Anderen habe beobachten lassen.

Die Preisnotirungen der Zeiss'schen Systeme betragen für aa 7 Thlr.; AA 9 Thlr.; BB 11 Thlr.; CC 14 Thlr.; DD 18 Thlr., E 21 Thlr.; F. 28 Thlr; Immersion Nr. 1 30 Thlr.; Nr. 2 48 Thlr.; Nr. 3 90 Thlr.

1.
2.
3.
a
c
b
d
4.
a
c
b
5.
a
b
6.
a
7.
a
8.
c
b
a
b
9.
a
10.
a
b
c
d
e
11.
a
b
12.
13.
a
14.
15.
c
b
a



Terrast del. W. Lichtmann sc.

Cienkowsky del.

Lith. Anstv. J. G. Bach, Leipzig

Fig 38.

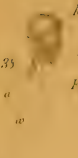


Fig 40.

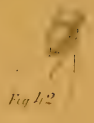


Fig 42

Fig 43

Fig 37.

Fig 45

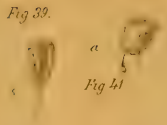


Fig 39.

Fig 41

Fig 44.

Fig 47

Fig 46.

Fig 49.

Fig 50

Fig 51

Fig 52

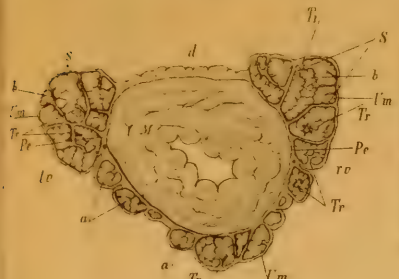


Fig 2.

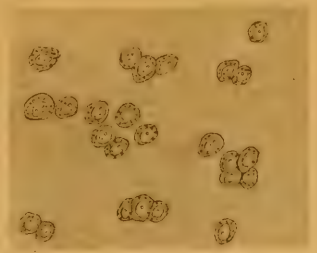


Fig. 6

Fig 11

Fig 12

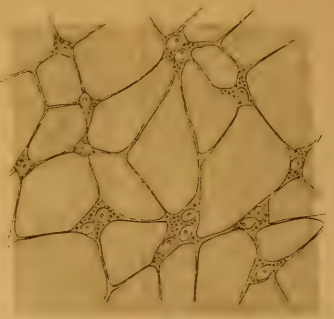


Fig 7

Fig. 5

Fig. 4.

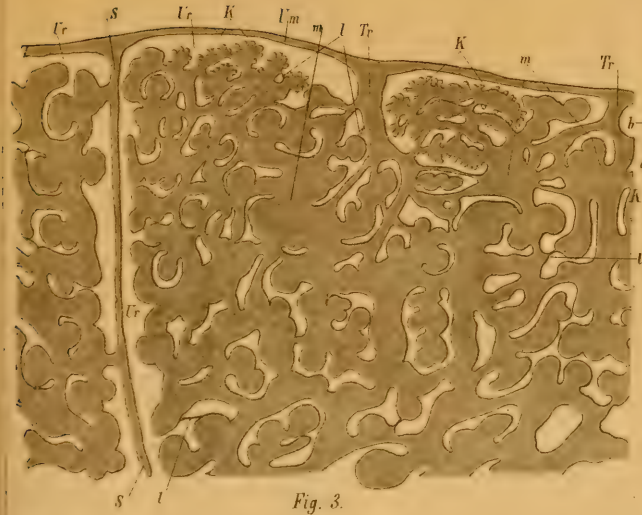


Fig. 3.

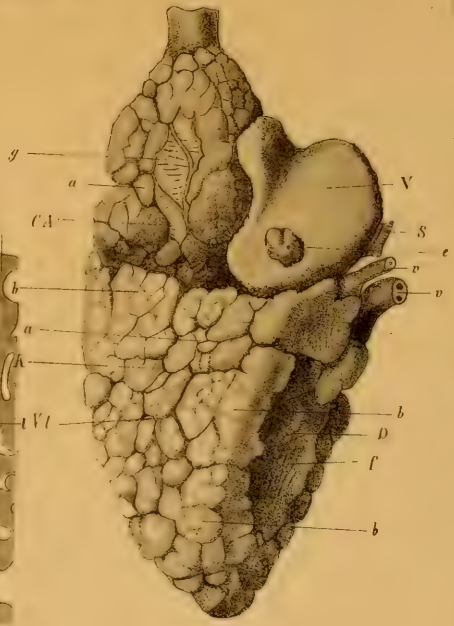


Fig 1.

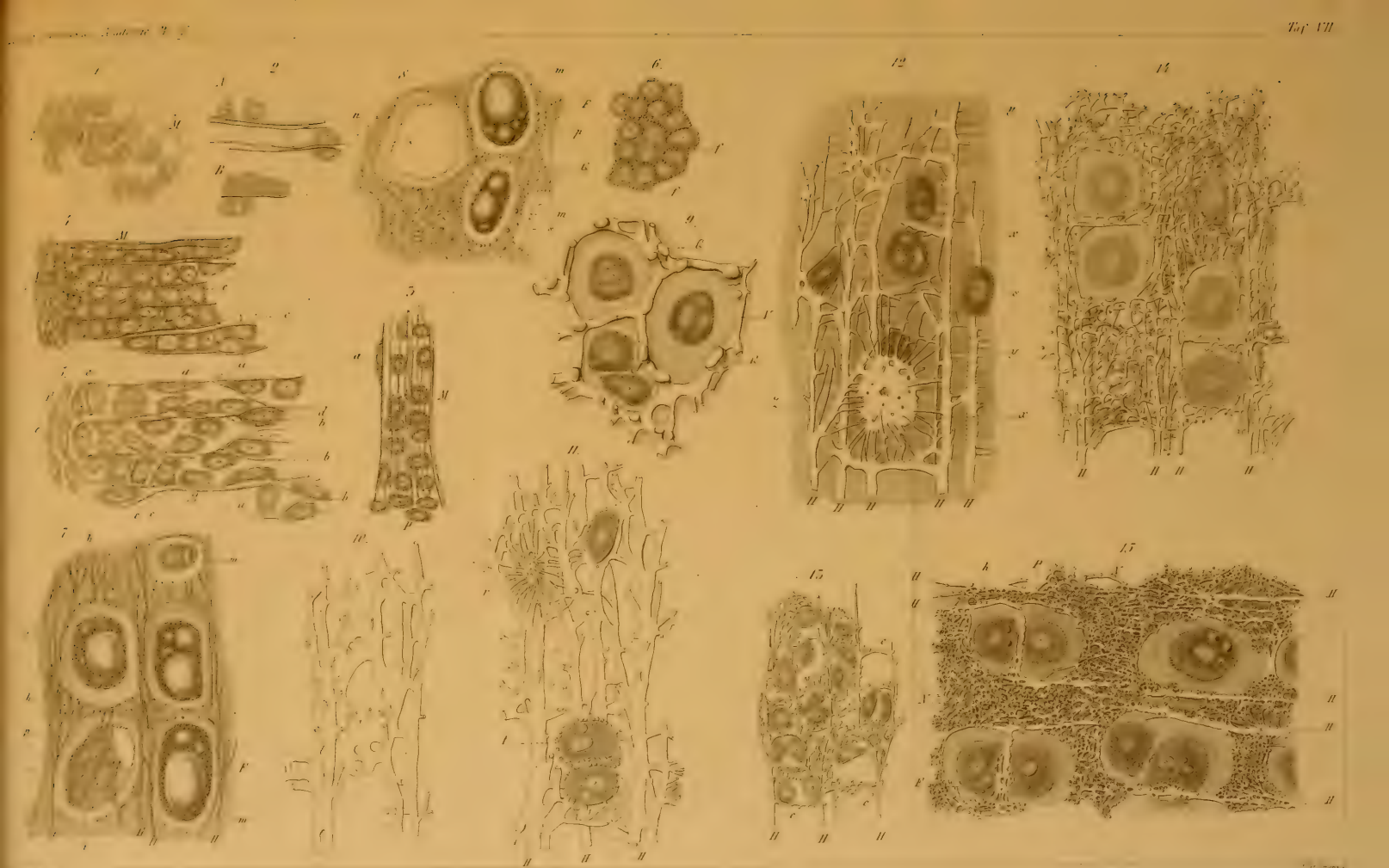
Fig. 9

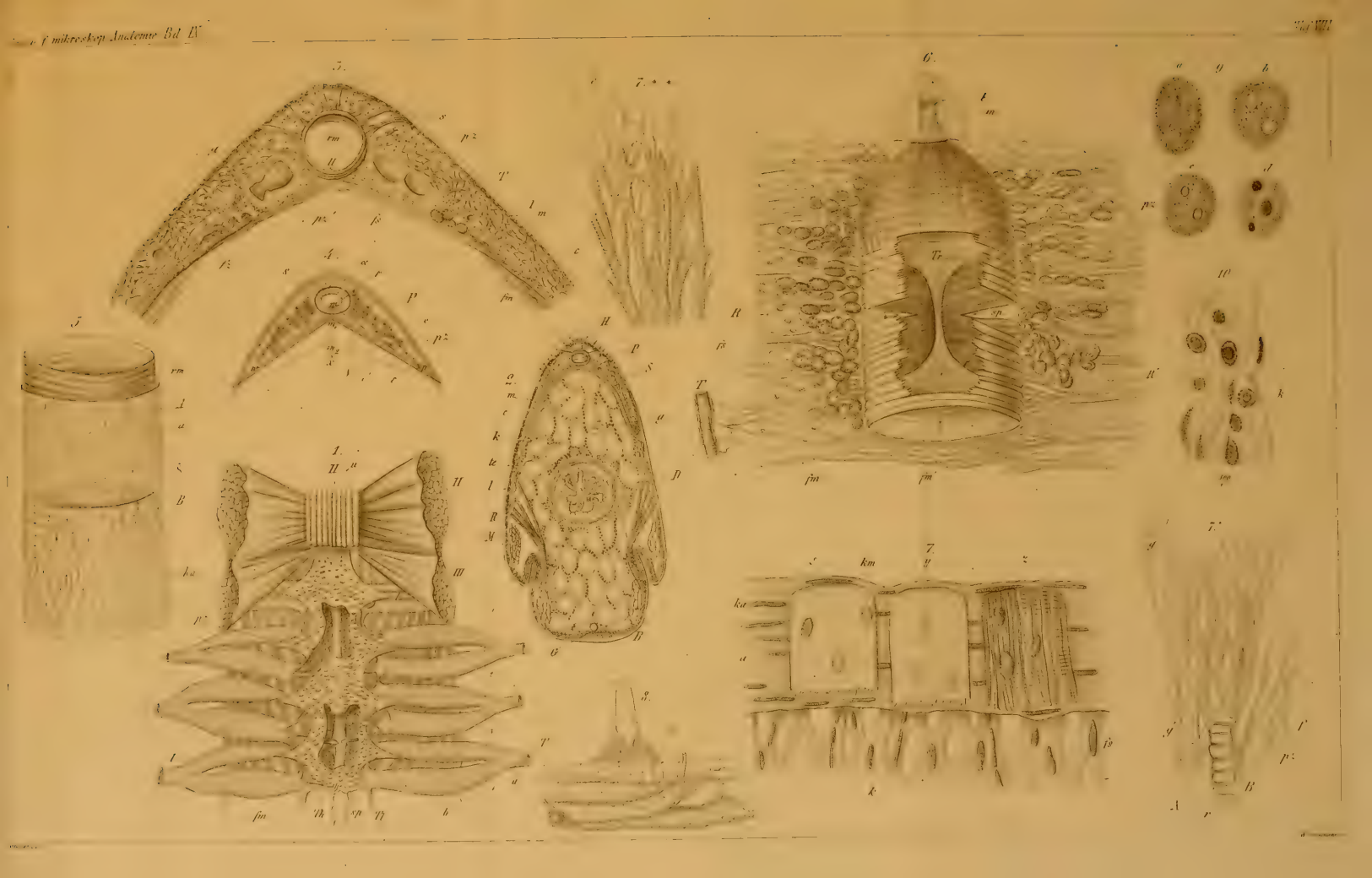
Fig. 10.

Fig. 8.

P. Hertwig del.

Aus der Photo & Lithographischen Anstalt v. Ludwig Blumberg u. Bonn





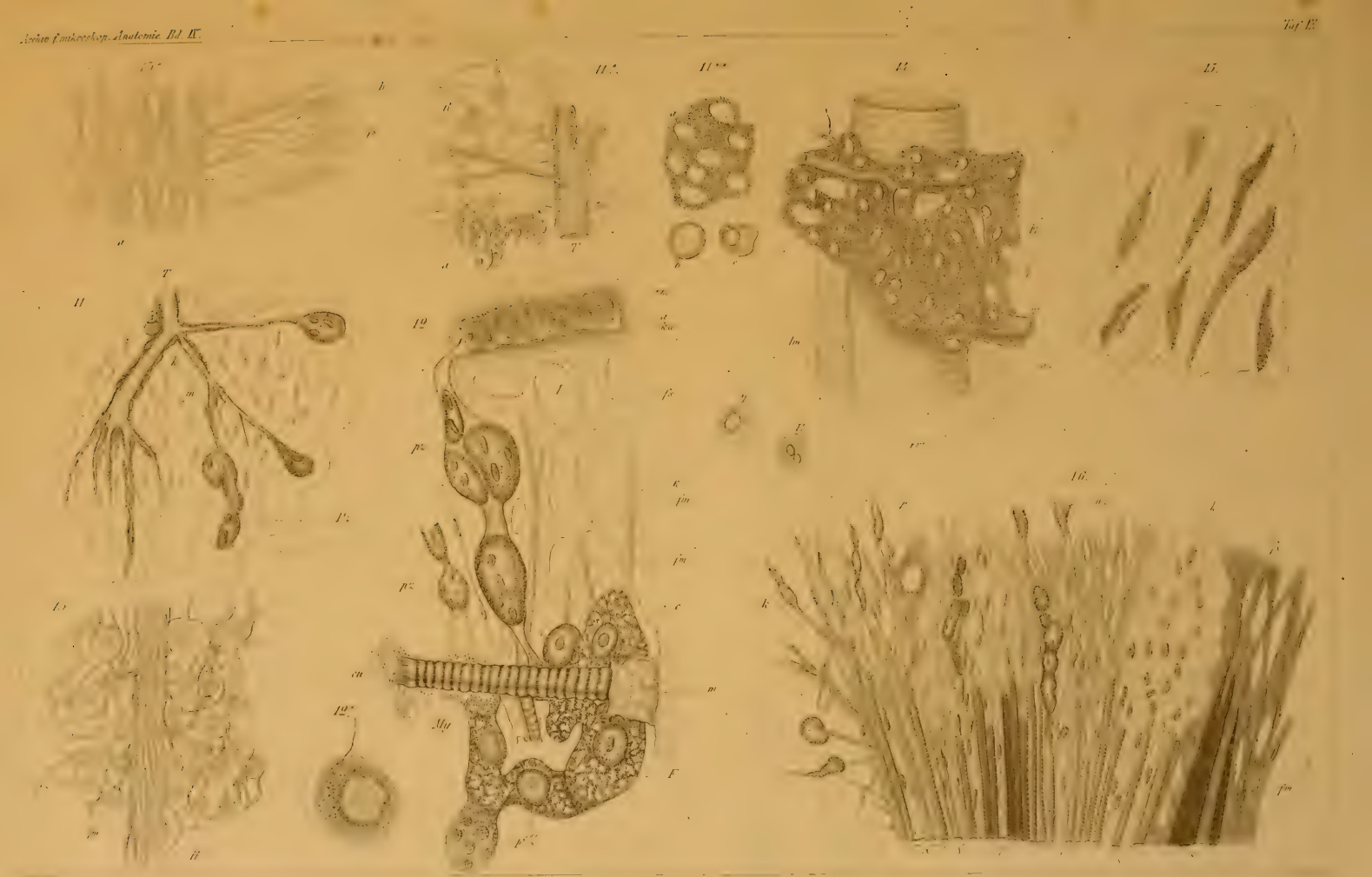


Fig 1

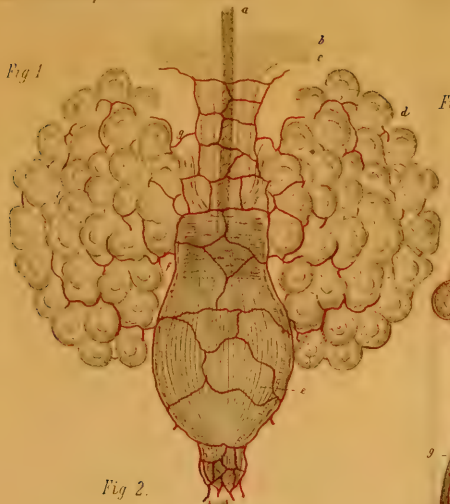


Fig 2.

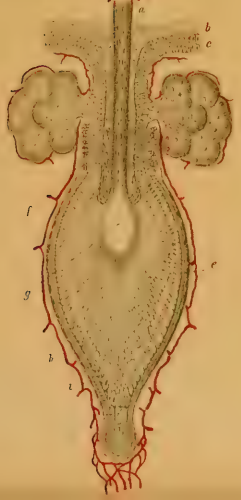


Fig. 3.

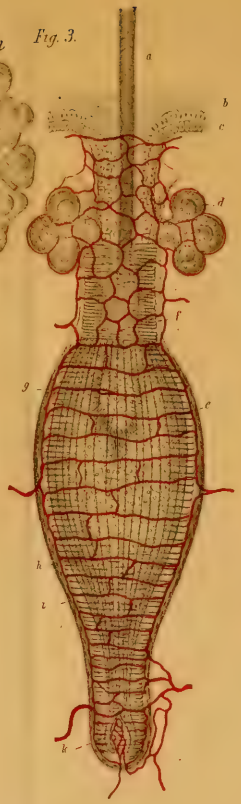


Fig. 4.

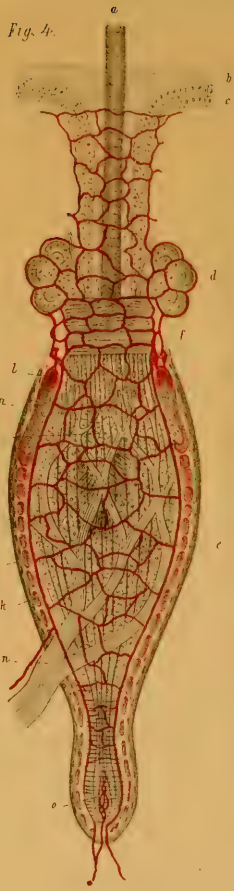


Fig. 5.

Fig 6.

Dr Schöbl del

Lith Anst v. J. G Bach, Leipzig

Fig. 1

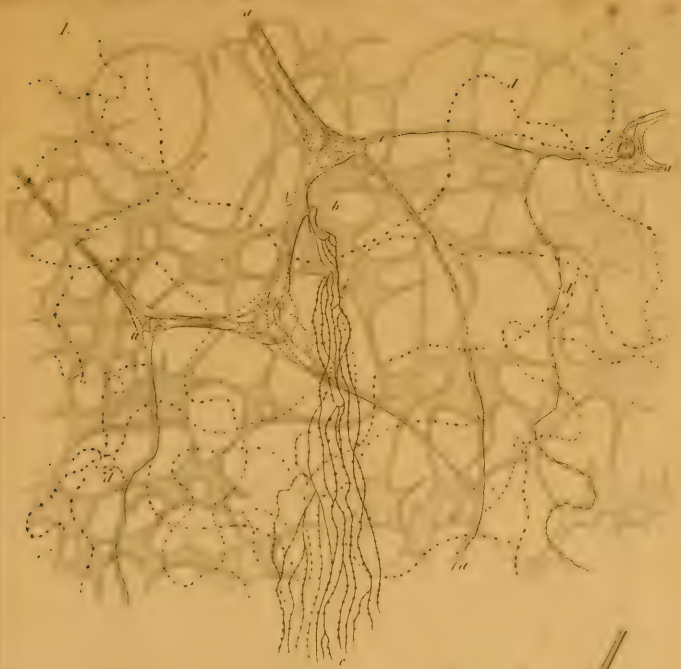
Fig. 2

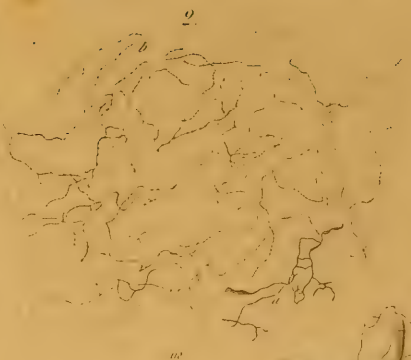
Fig. 3.

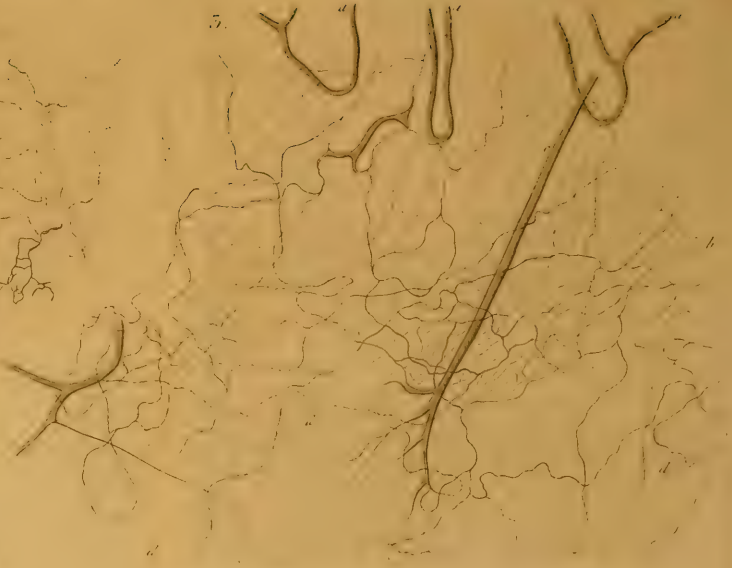
Fig. 4

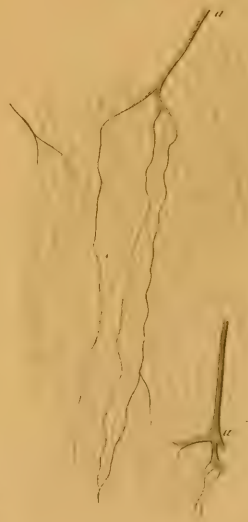
Fig. 5

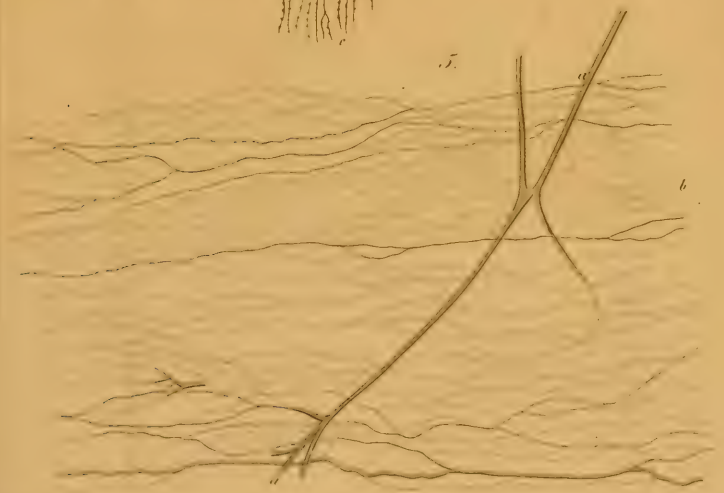
Lith. Anst. J. G. Bach, Leipzig

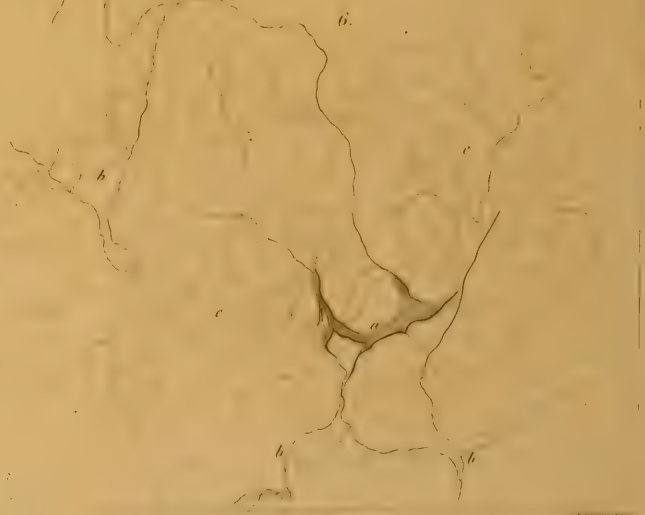


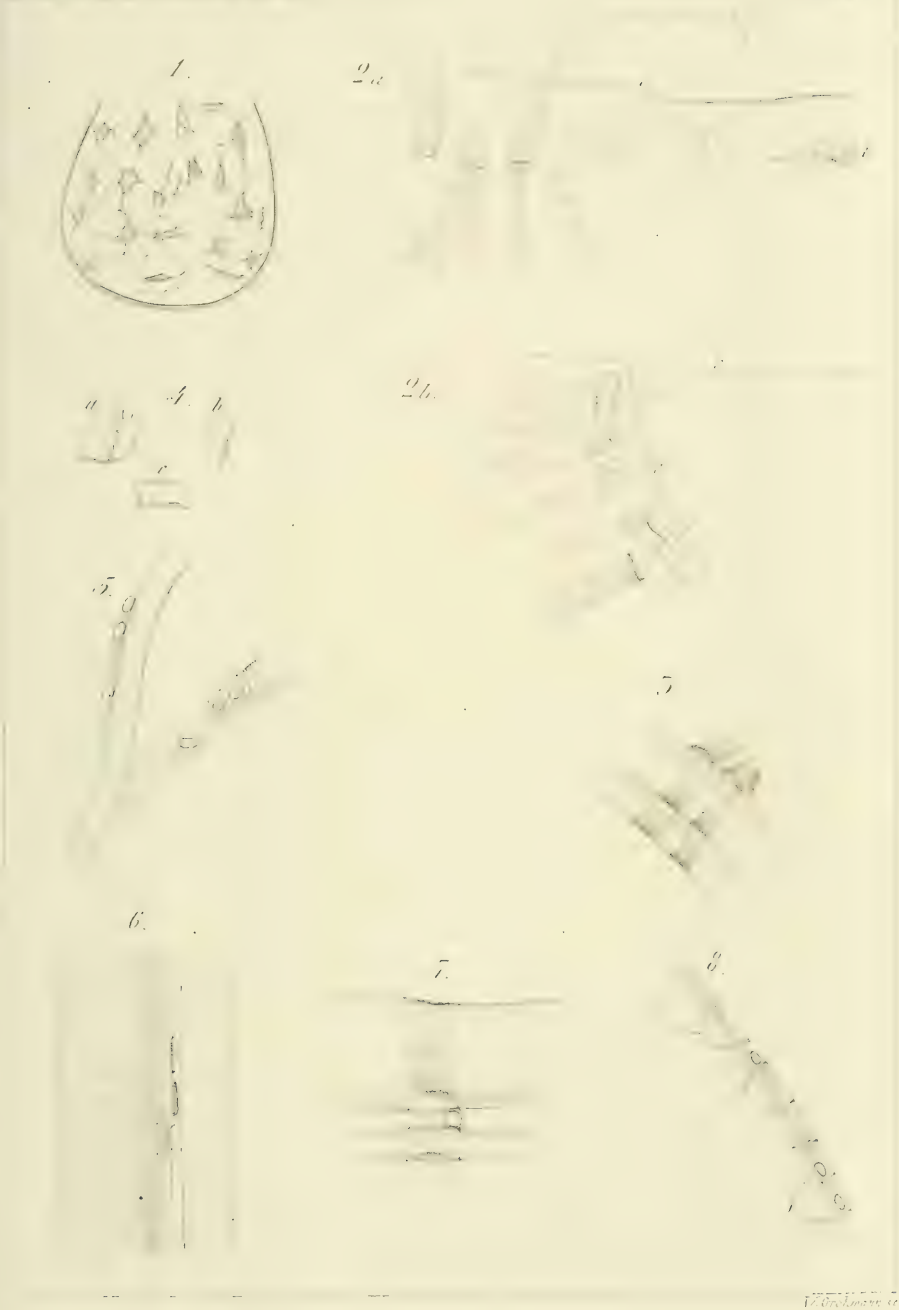












V. Grohmann sc.

1

I
II
III

1a

I
II
III

2

c
m

3

cc
m

4

c
c

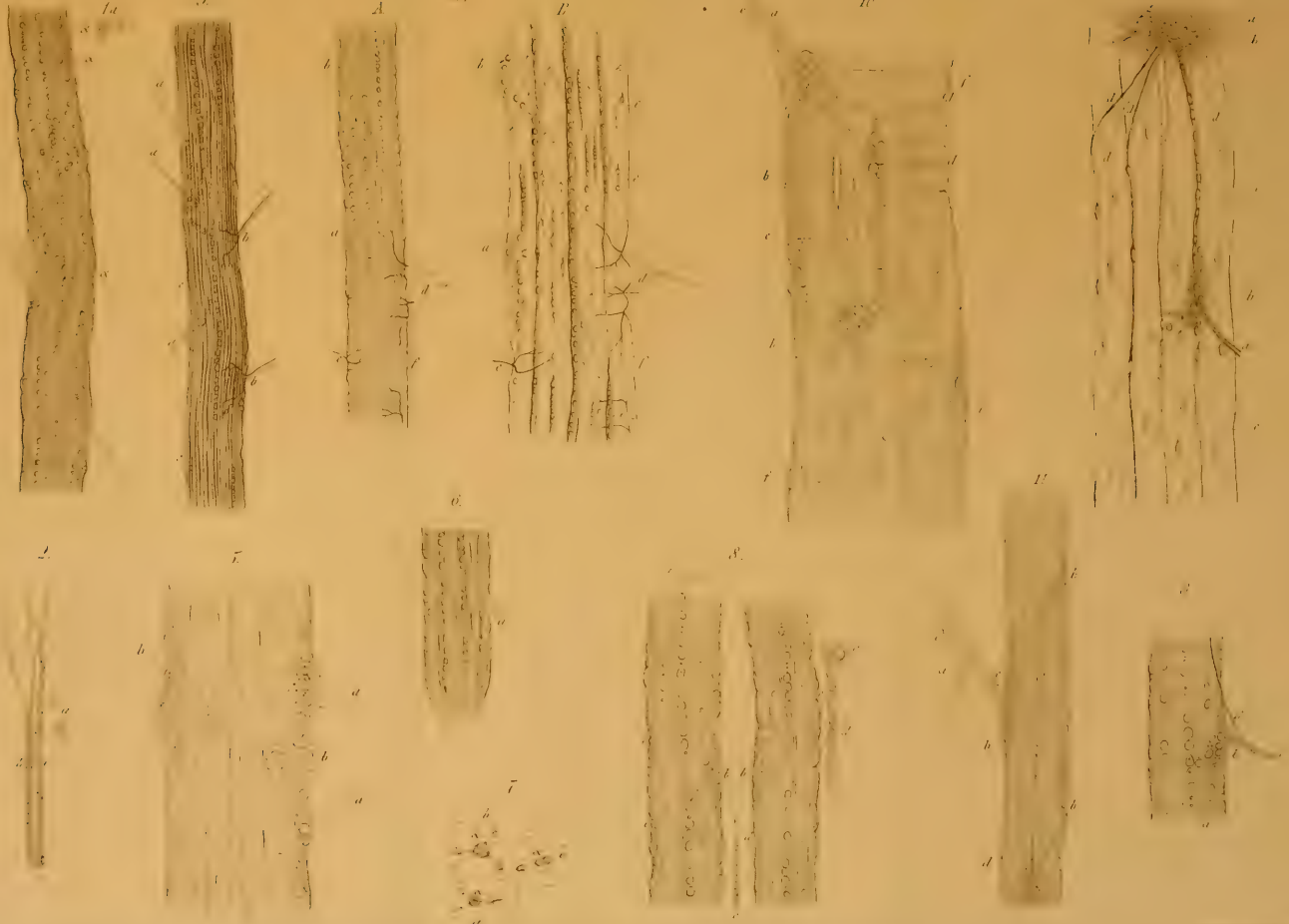
5.

6

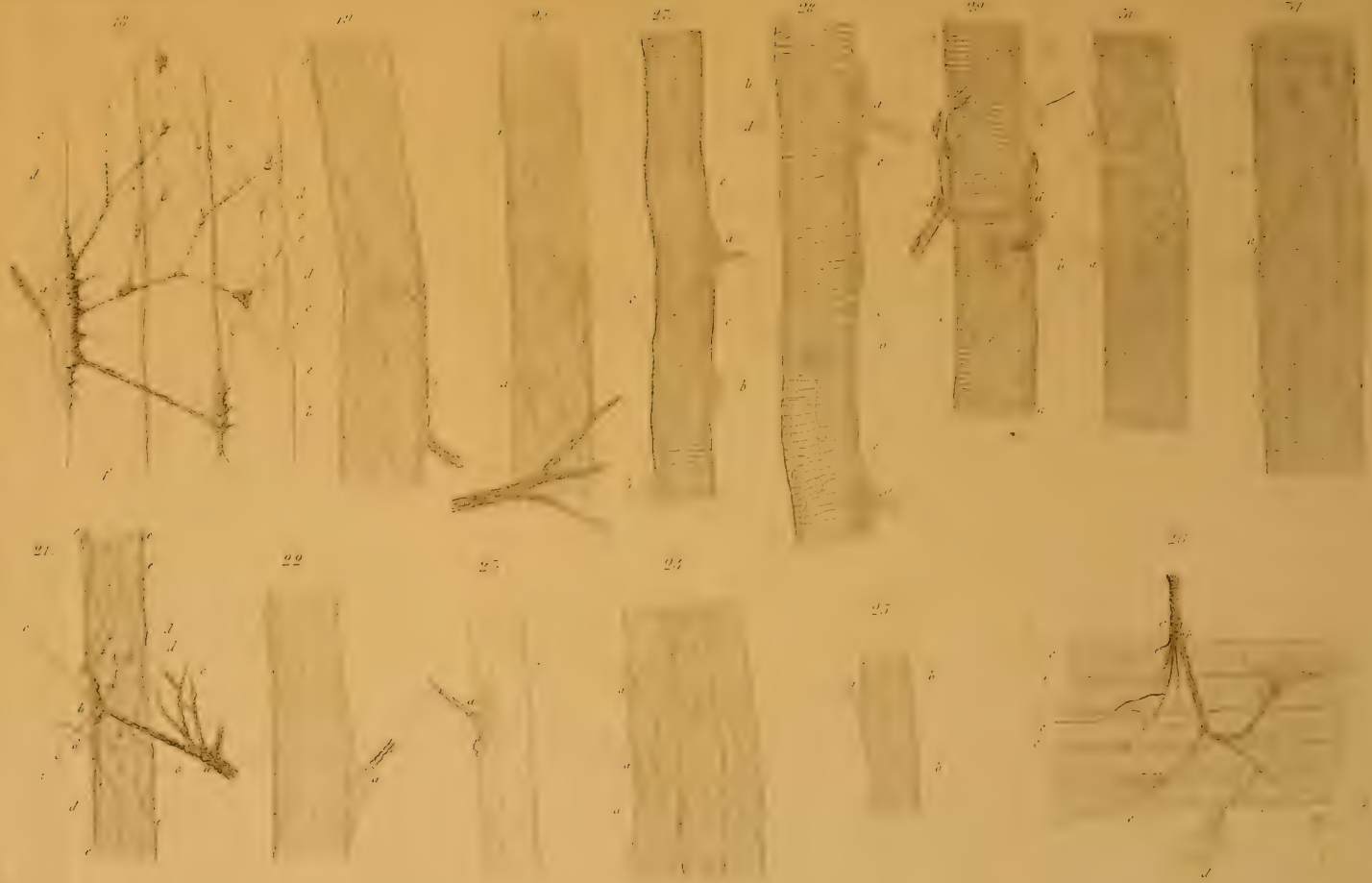
8

9.

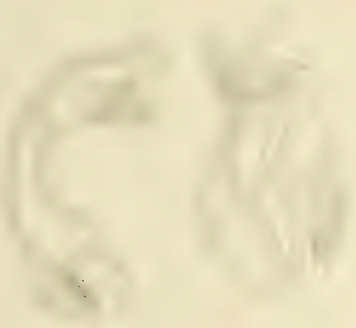
7.



15.
14.
17.
16.
d h g e e g d e g g


18
19
20
27
28
29
30
31
21
22
23
24
25
26

1.

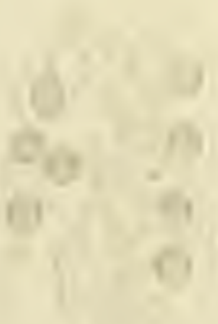


3.

2.

4.

5.



7.

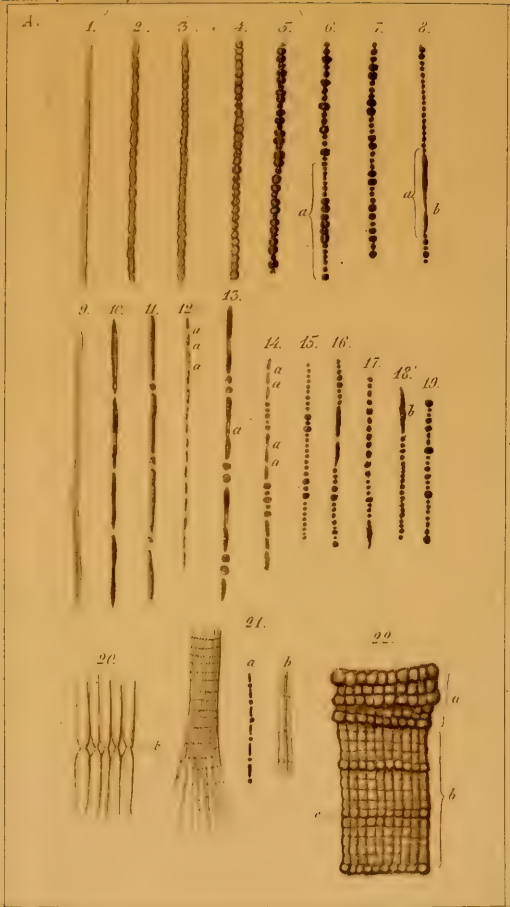
6.

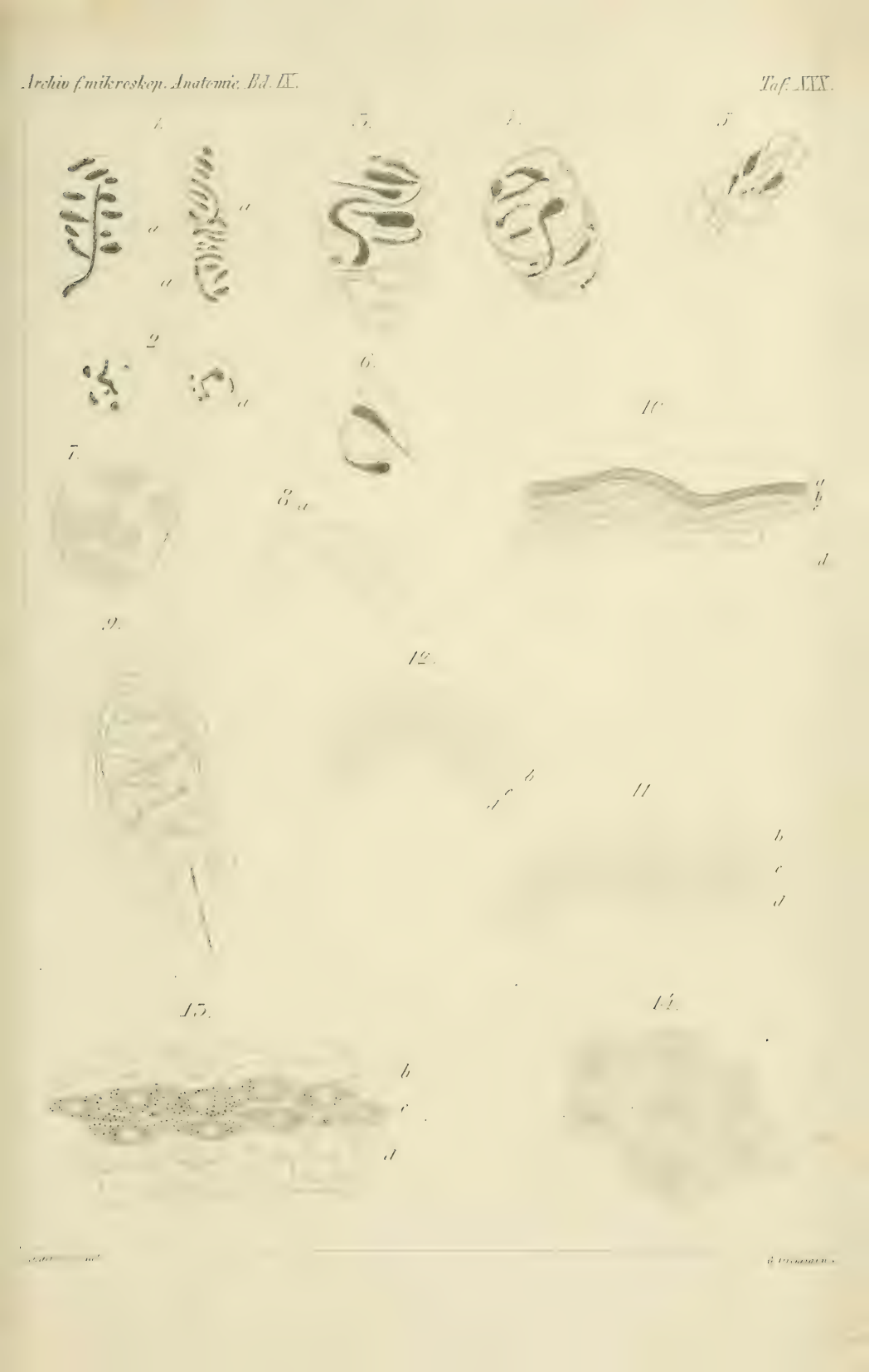
W. Urchmann sc.

8
9.
9a.
12
19.
19a.
19b
21
10
11
20.
22
22a
22c
22b
23
16.
15.
18
15.
14.
17

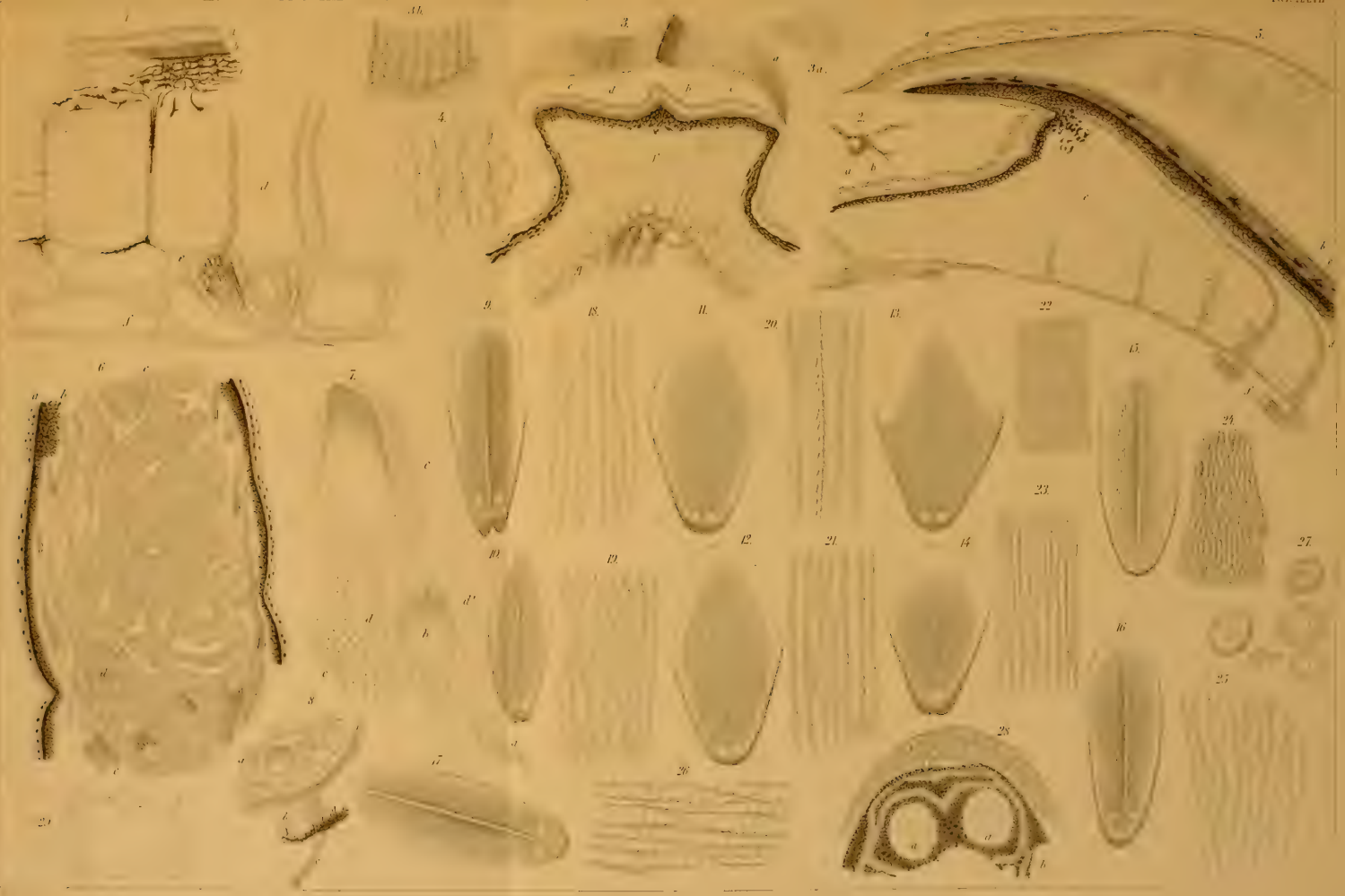
1
ds
khd
r
r'
d
2
r
r'
3
r
khd
kh
r'
4
c
ps
r'
kh
ss
5
khd
r
ss'
sh
d
ss
5.
c
r
r
ss'
ss
ss''
axs
sh
mk
8.
dh
6
ds
sh
kh
ss'
mk
dh

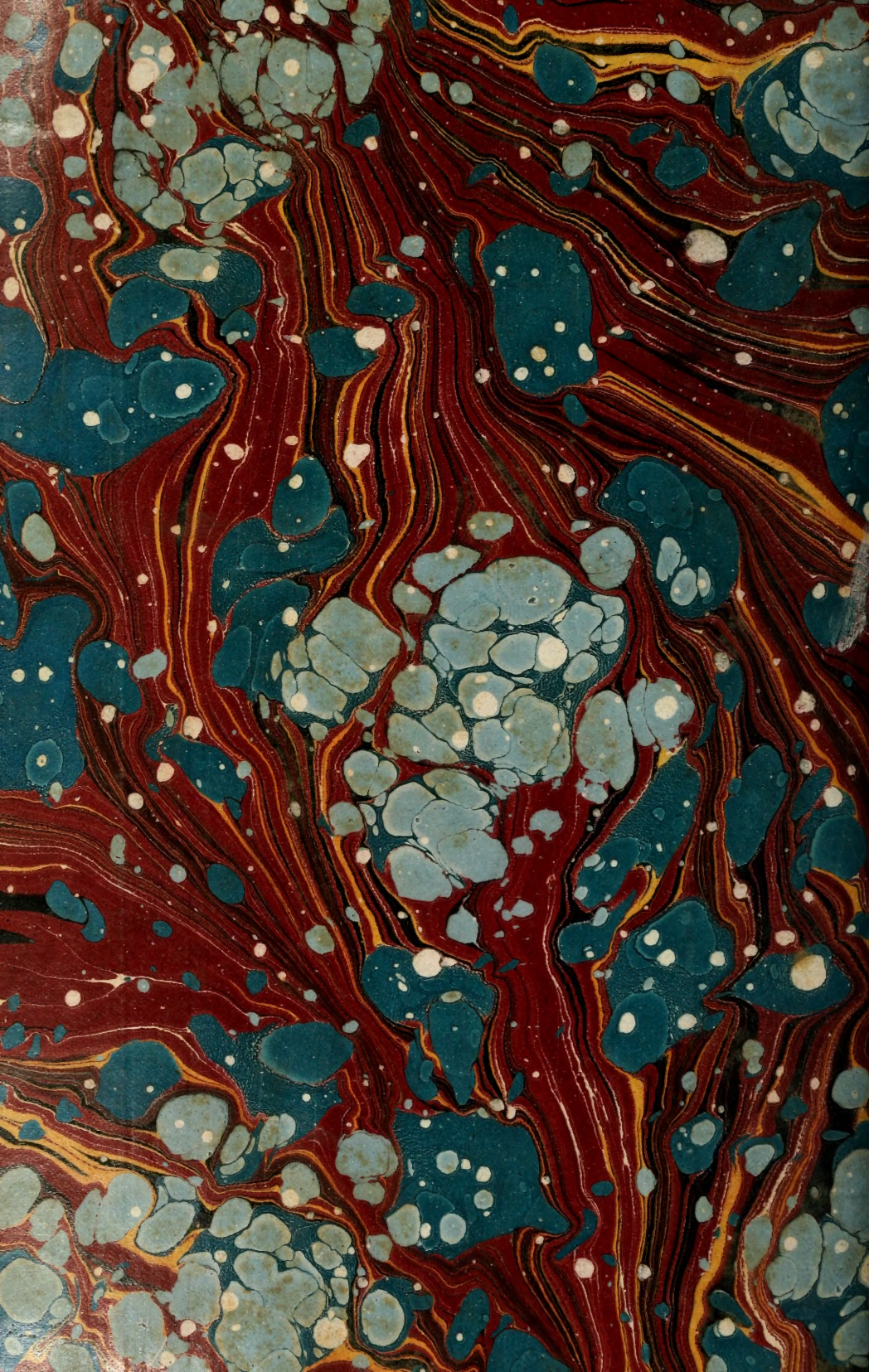
1.
a
b
3.
b
a
2.
a
4.
a
b


A.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
a
a
b
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
a
a
a
a
a
a
a
a
b
20.
21.
22.
a
b
a
b
c
B.
1.
a
2.
3.


1.
a
a
a
2.
a
3.
4.
5.
6.
7.
8.
a
9.
10.
a
b
c
d
11.
a
b
c
d
12.
13.
a
b
c
d
14.

Leuwerhans del.





MBL WHOI Library - Serials
5 WHSE 02586